

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ - TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA
HORNICKO-GEOLOGICKÁ FAKULTA

Institut environmentálního inženýrství

**MINIMALIZACE EMISÍ SVĚTELNÉHO TOKU
VYZAŘOVANÉHO DO HORNÍHO POLOPROSTORU
VYUŽITÍM MODERNÍCH SVÍTIDEL
NA ULICI HÁLKOVA, FRÝDEK-MÍSTEK**

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Autor:

Bc. Jana Wlosoková

Vedoucí práce:

Ing. Tomáš Bouchal, Ph.D.

Ostrava 2017

VŠB - TECHNICAL UNIVERSITY OF OSTRAVA

FACULTY OF MINING AND GEOLOGY

Institute of Environmental Engineering

**MINIMIZING EMISSIONS LUMINOUS FLUX
EMITTED INTO THE UPPER HEMISPHERE
USING MODERN FIXTURES
ON THE STREET HÁLKOVA, FRÝDEK-MÍSTEK**

DIPLOMA THESIS

Author:

Bc. Jana Wlosoková

Thesis Supervisor:

Ing. Tomáš Bouchal, Ph.D.

Ostrava 2017

VŠB - Technická univerzita Ostrava
Hornicko-geologická fakulta
Institut environmentálního inženýrství

Zadání diplomové práce

Student: **Bc. Jana Wlosoková**

Studijní program: N2102 Nerostné suroviny

Studijní obor: 3904T005 Environmentální inženýrství

Téma: Minimalizace emisí světelného toku vyzařovaného do horního
poloprostoru využitím moderních svítidel na ulici Hálkova,
Frýdek-Místek
Minimizing Emissions Luminous Flux Emitted into the Upper
Hemisphere Using Modern Fixtures on the Street Hálkova,
Frýdek-Místek

Jazyk vypracování: čeština

Zásady pro vypracování:

1. Úvod a cíl práce
2. Světelné zdroje ve veřejném osvětlení z pohledu jejich měrného výkonu
3. Svítidla použitelná ve veřejném osvětlení z pohledu účinnosti, činitele
využití a vyzařování do horního poloprostoru
4. Normativní požadavky na veřejné osvětlení
5. Metodika měření a vyhodnocení vybrané osvětlovací soustavy
6. Diskuse
7. Závěr

Seznam doporučené odborné literatury:


SOKANSKÝ, K. a kol. Světelná technika. Vyd. 1. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011, 255 s. ISBN 978-80-01-04941-9.

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Tomáš Bouchal, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2016

Datum odevzdání: 28.04.2017


doc. Ing. Silvie Heviánková, Ph.D.
vedoucí institutu




prof. Ing. Jaroslav Dvořáček, CSc.
pověřený vedením fakulty

Prohlášení autora diplomové práce

Celou diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracovala samostatně a uvedla jsem všechny použité podklady a literaturu. Byla jsem seznámena s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).

Souhlasím s tím, že jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce. Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

Souhlasím s tím, že diplomová práce je licencována pod Creative Commons Attribution-NonCommercial-ShareAlike 3.0 Unported licenci. Pro zobrazení kopie této licence, je možno navštívit <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/>

Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu o komerční využití z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.

Bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu komerčnímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 28. 4. 2017

Bc. Jana Wlosoková

Poděkování

Děkuji Ph.D. Tomáši Novákovi a panu Vladimíru Zavadovi za cenné rady a připomínky. Velký dík patří i mému manželovi Romanovi za trpělivost a velkou podporu při mém studiu.

Anotace

Diplomová práce se zabývá veřejným osvětlením na cyklistické stezce, která je v blízkosti řeky Ostravice, na ulici Hálkova ve městě Frýdek-Místek. Nacházela se na ní nevhodná svítidla typu koule, která zářila do celého prostoru a na cyklostezku dopadala pouze část světelného toku. Nevyhovující svítidla oslňovala a vyvolávala pocity nepohody u lidí a u živočichů, kteří se nacházeli v její blízkosti. V této práci se nachází popis světelných zdrojů a speciálních svítidel k osvětlování cyklostezek. Je zde vylíčeno světelné znečištění, jeho vliv na zrakovou pohodu a na biorytmy. Důležité je i uvést zatřídování oblastí do environmentálních zón. Závěrečná část obsahuje měření světelného toku svítidel, přepočty emisí CO₂ a výpočty úspor elektrické energie. Po provedené výměně jsou porovnávána stará svítidla s novými.

Klíčová slova: světelný přesah, environmentální zóny, světelné znečištění, optimalizované osvětlovací soustavy, přepočty emisí CO₂

Summary

The diploma thesis deals with public lighting on a bike path which is near the river Ostravice, street Hálkova in Frýdek-Místek. The path was equipped with unsuitable lamp of the type ball that shone into the entire space and only a small part of the luminous flux fell on the cycle path. The unsatisfactory lamps dazzled and provoked feelings of discomfort in humans and animals that were in the vicinity. In this work, there is a description of special light sources and lamps to illuminate paths. There is portrayed light pollution and its impact on visual comfort and biorhythms. It is also important to state classifying areas into environmental zones. The final section includes a measurement of luminous flux of lamps, conversion of CO₂ and calculations of electricity savings. There is a comparison of the old lamps with new ones.

Key words: light interference, environmental zones, light pollution, optimized lighting systems, calculation of CO₂ emissions

Obsah

1	Úvod	1
2	Metodika práce	2
3	Světelné zdroje ve veřejném osvětlení z pohledu jejich měrného výkonu.....	3
3.1	Měrný světelný výkon – η	9
3.2	Příkon – P_{sv} (W).....	10
4	Svítidla použitelná ve veřejném osvětlení z pohledu účinnosti, činitele využití a vyzařování do horního poloprostoru	11
4.1	Účinnost svítidla.....	11
4.2	Činitel využití toku svítidla.....	12
4.3	Světlo vyzařené do horního poloprostoru ULR	15
4.4	Svítivost.....	17
4.5	Optické části svítidel	18
4.6	Krytí svítidel (IP)	19
4.7	Typy vybraných svítidel pro cyklostezky	20
4.8	Recyklace svítidel a nakládání s odpady VO	28
5	Normativní požadavky na veřejná osvětlení	29
5.1	Základní normy pro VO	29
5.1.1	ČSN CEN/TR 13201-1: Osvětlení – Část 1: Pokyny pro výběr tříd osvětlení...29	
5.1.2	ČSN EN 13201-2: Osvětlení – Část 2: Požadavky na provedení.....	30
5.1.3	ČSN EN 13201-3: Osvětlení – Část 3: Výpočet výkonu.....	31
5.1.4	ČSN EN 13201-4: Osvětlení – Část 4: Metody měření výkonu při osvětlení....	32
5.1.5	ČSN EN 13201-5: Osvětlení – Část 5: Ukazatele energetické náročnosti.	32
5.1.6	ČSN 736110 Projektování místních komunikací.	33
5.2	Přehled zákonů a vyhlášek	33
6	Vliv světla na člověka	36
6.1	Zraková pohoda.....	36
6.2	Teplota chromatičnosti.....	38
6.3	Vnímání barvy.....	39
6.4	Vliv světla na biorytmy	39
7	Rozbor současného stavu veřejného osvětlení ve Frýdku – Místku.....	44
7.1	Environmentální zóny	45
7.1.1	Zatřídění města Frýdek-Místek do environmentálních zón.....	46
7.2	Spotřeba elektrické energie	51

7.3	Emise CO ₂	54
8	Měření a vyhodnocení vybrané osvětlovací soustavy	55
8.1	Svítidla určená pro výběrové řízení	56
8.2	Měření původních svítidel.....	57
8.3	Měření nových svítidel.....	59
8.4	Vyhodnocení vybrané osvětlovací soustavy	61
9	Opatření pro zlepšení stavu veřejného osvětlení na základě návrhu optimalizované osvětlovací soustavy	63
9.1	Výpočet rušivého světla (vyzařování do horního poloprostoru, přesah)	64
9.2	Výpočet úspory elektrické energie a její přepoččet na emise CO ₂	65
10	Diskuze.....	68
11	Závěr	73

Zdroje

Seznam zkratk

Seznam obrázků

Seznam tabulek

Seznam grafů

Seznam příloh

1 ÚVOD

Diplomová práce se zabývá výměnou veřejného osvětlení (VO), které se nachází na cyklistické stezce, v biotopu řeky Ostravice, na ulici Hálkova ve městě Frýdek-Místek (F-M). Stará svítidla byla ve tvaru koulí a zářila do okolí. Měla by svítit pouze do dolního poloprostoru. Jedině tak lze zvýšit intenzitu osvětlení a minimalizovat emise světelného toku zářícího do horního poloprostoru. Svítidla by neměla způsobovat světelné znečištění, které ovlivňuje lidi a živočichy.

Při výběru svítidel je důležité zjistit vyzařování světelného toku. Doporučuje se věnovat pozornost jejich instalaci, údržbě, spolehlivosti, bezpečnému provozu a životnosti. Základem je dodržovat normy, zákony a vyhlášky, podle kterých by se měly osvětlovací soustavy realizovat. Soustava by neměla osvětlovat místa, která nemají být osvětlena.

Tato práce se také zaměřuje na světlo, které může mít v nočních hodinách negativní vliv na lidi. Je zmíněn vliv zrakové pohody na psychiku lidí a na dobré vnímání okolního prostředí. Kde a kdy nemůže být použito studeně bílé světlo, aby nedocházelo k narušování biorytmu. Důležitý je pravidelný spánek ve tmě, kdy se tvoří spánkový hormon melatonin. Jeho tvorba je významná pro lidské zdraví. Část je věnována i zatřídění jednotlivých oblastí do environmentálních zón podle světelných toků, které svítidla vyzařují do horního poloprostoru.

Závěrečná část se zabývá dobou svítivosti VO ve městě F-M a výběrem vhodných svítidel s požadovanou optikou pro sledovanou cyklostezku. K hodnocení původních a nových svítidel dochází prostřednictvím měření světelných toků, spotřeb elektrické energie a výpočtů. Zjišťuje se úspora elektrické energie a o kolik se snížily emise CO₂.

2 METODIKA PRÁCE

Důležité je vyhodnotit, jaké zdroje a jaký typ svítidel se použije pro nasvětlení dané komunikace. V dnešní době jsou nejpoužívanějšími zdroji LED diody. Jsou úsporné a nevyzařují do horního poloprostoru. Při volbě svítidel použitelných ve VO se musí věnovat pozornost jednoduchosti údržby, spolehlivosti, životnosti, bezpečnosti, příkonu a účinnosti. Při realizaci osvětlovací soustavy se musí dodržovat platné normy, zákony a vyhlášky.

Na trhu je spousta typů svítidel s různými optikami. Při výběru se prozkoumává celkový světelný tok, měrný světelný výkon a příkon svítidla. Vhodná optika se zajišťuje podle zvolené komunikace, která má být osvětlena. V tomto případě se jedná o cyklostezku, kde se požaduje vyzařování světelného toku pouze na ni, ne do blízkého okolí. Každé svítidlo se nabízí s mnoha různými optikami. Pro výběr vhodných optik je možno využít výpočetních programů různých firem. Pro danou problematiku byl použit program ReluxPro. Musí se zadat požadovaná data – šířka jízdního pásu, počet jízdních pruhů, povrch vozovky, řada svítidel (jsou-li jednostranná levá nebo pravá, párová nebo vystřídaná), vzdálenost mezi svítidly, výška světelného bodu, přesah, naklonění a orientace. Některá svítidla se dají pořídit s regulátory, které v nočních hodinách omezují. Tím dojde ještě k větší úspoře energie.

V této práci se rozebírá nejen současný stav cyklostezky ve městě F-M, ale i emise CO₂ a zařídování do environmentálních zón. Je účelné jednotlivé oblasti do nich zařazovat. Získávají se informace o místech s vysokým nebo s nízkým vyzařováním světla do horního poloprostoru. Tím, že se budou používat vhodnější a úspornější svítidla, dojde nejen k redukci světla svítícího do atmosféry, ale i ke snížení emisí CO₂. Také se zde uvádí celková doba svícení VO ve městě F-M za rok 2016 a za první čtvrtletí roku 2017. Závěr je věnován měření původních a nových svítidel, jejich hodnocení a výpočtům - jak rušivého světla, tak úspoře elektrické energie a jejich přepočtu na emise CO₂.

3 SVĚTELNÉ ZDROJE VE VEŘEJNÉM OSVĚTLENÍ Z POHLEDU JEJICH MĚRNÉHO VÝKONU

Světelné zdroje jsou tělesa, která vyzařují viditelné záření.

Dělíme je na:

- přírodní – slunce, měsíc, blesk atd.,
- umělé – louč, svíčka, žárovka, výbojka, světelná dioda (LED) aj.

Světelné zdroje dle vyzařování:

- primární světelné zdroje – tělesa či jejich povrch vyzařující světlo, které se v nich vytvořilo přeměnou energie,
- sekundární zdroje světla – tělesa či jejich povrch nevyzařující světlo, ale částečně ho propouští či odráží [26].

Umělý světelný zdroj přeměňuje elektrickou, chemickou a biologickou energii na energii elektromagnetického záření v optickém intervalu spektra. V dnešní době se pro osvětlování nejvíce používají elektrické světelné zdroje, kde se elektrická energie mění na světelnou. Jsou součástí každé osvětlovací techniky [26].

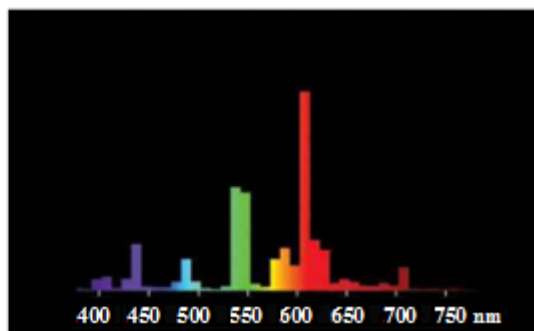
Podle vzniku světla se světelné zdroje dělí na tři základní typy (Obrázek č. 1).



Obrázek č. 1: Světelné zdroje pro všeobecné osvětlení [70]

Světelné zdroje ve VO jsou tvořené vysokotlakými sodíkovými, rtuťovými a halogenidovými výbojkami, kompaktní zářivkou a LED diodami. Mimořádně se používají nízkotlaké sodíkové výbojky [30].

Kompaktní zářivka (Obrázek č. 2) je světelný zdroj, ve které záření vzniká nízkotlakovými výboji v parách rtuti hlavně v UV oblasti spektra. Pomocí luminoforu se toto záření přeměňuje do viditelné oblasti spektra. Vytváří světlo s vyšším indexem podání barev. Je energeticky úspornější než klasická žárovka a má mnohem delší životnost. Její výhodou je, že má okamžitý start bez blikání. Odolává opakovanému spínání. Nevýhodou těchto zářivek je snížení světelného toku při snížení teploty okolí a relativně velké rozměry vyzařovací plochy. Ve veřejném osvětlení se používají pouze k osvětlování pěších zón a vnitrobloků [49, 51].



Obrázek č. 2: Kompaktní zářivka a příklad jejího spektra [51]

Lineární zářivka (Obrázek č. 3) je velmi výkonná především po ekonomické stránce, protože má vysoký měrný výkon. Zářivka při stejném světelném toku má pět krát menší spotřebu elektrické energie než žárovka. Jedná se o nízkotlaké rtuťové výbojky vyzařující zejména v oblasti ultrafialového záření. Toto se přeměňuje na viditelné záření prostřednictvím luminoforu. Ve skleněné trubici mezi elektrodami působí elektrické pole, které vytváří páry rtuti, v nichž vzniká neviditelné UV záření. Luminofor (speciální látka) toto záření mění na viditelné světlo a má vliv na barvu světla zářivky. S elektronickým předřadníkem má hospodárnější provoz. Životnost těchto zářivek závisí na počtu zapnutí, proto nejsou vhodné tam, kde se často zapíná a vypíná. Ve venkovním osvětlení se tyto zářivky nacházejí výjimečně, např. na zastávkách MHD či nákladových rampách. Jsou závislé na teplotě okolí, což může být problém v zimních měsících [51].



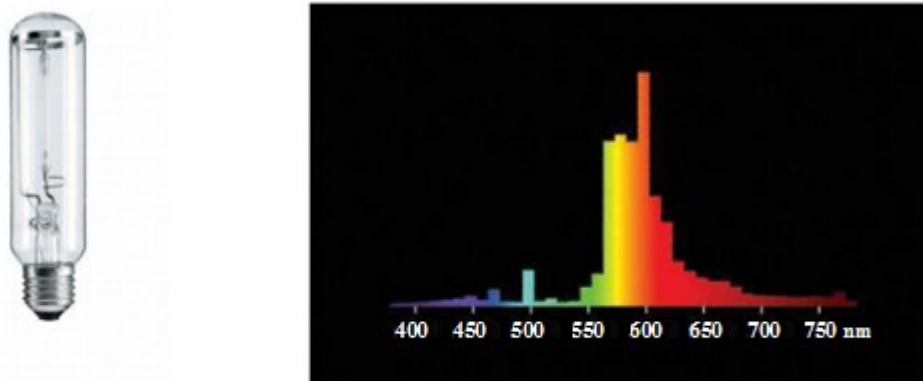
Obrázek č. 3: Lineární zářivka T8 a příklad jejího spektra [57]

Vysokotlaká halogenidová výbojka (Obrázek č. 4) je vysokotlaká rtuťová výbojka, ve které světlo vzniká nejenom zářením par rtuti, ale hlavně zářením par směsí halových prvků. Vyzařuje bílé světlo. Výbojka má nižší životnost a vyšší cenu. Používá se pouze k osvětlení městských částí s vyšším pěším provozem (např. nákupní třídy) a k osvětlení nebezpečných úseků (např. křižovatky, přechody pro chodce) [30, 49].



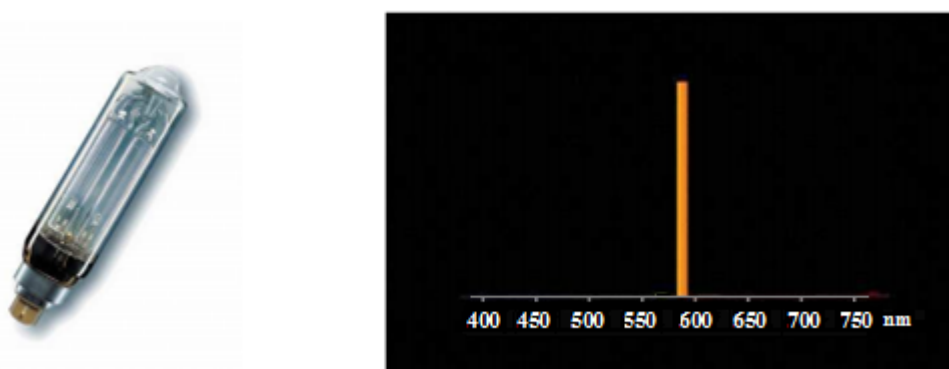
Obrázek č. 4: Halogenidová výbojka a příklad jejího spektra [57]

Vysokotlaká sodíková výbojka (Obrázek č. 5) je založena na výboji v parách sodíku. Má zhoršené podání barev, vysoký měrný výkon, dlouhou životnost a spolehlivost. Ve veřejném osvětlení je nejvíce používána. Podle konstrukčního provedení se dělí na válcové a elipsoidní. Válcové slouží k přesnějšímu směřování světelného toku, proto jsou vhodné k osvětlování vozovek, chodníků a cyklostezek. Elipsoidní směřují světlo hůře, proto se používají pro osvětlování venkovních ploch (např. náměstí, parky) a vertikálních ploch (např. fasády budov, tváře chodců) [49].



Obrázek č. 5: Halogenidová výbojka a příklad jejího spektra [51]

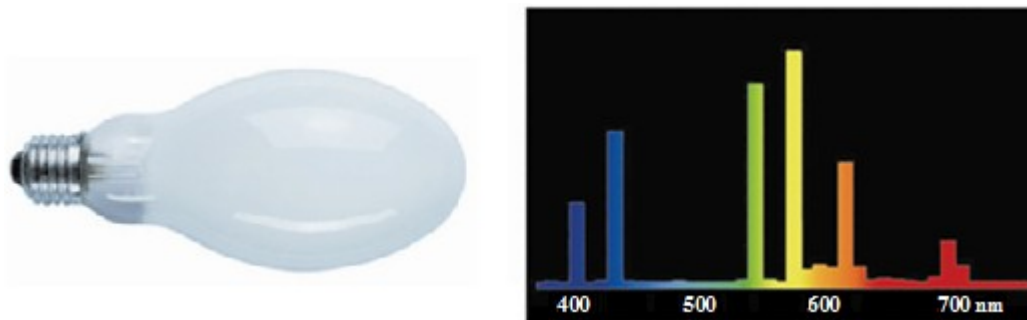
Nízkotlaká sodíková výbojka (Obrázek č. 6) má výbojkovou trubici vyrobenou z polykrystalického či monokrystalického oxidu hlinitého. Obsahuje argon, neon a sodík. Rozpoznáme ji podle její žluté barvy. Její nevýhodou je rychlý úbytek světelného toku, čímž se prodražuje. Protože má rozměrný zdroj, světelný tok se těžce zpracovává. Využívá se v oblastech dálničních přivaděčů a výpadových komunikací v okolí velkých měst bez dopravního značení. Lze ji použít i pro celonoční svícení v obytných zónách či v zónách s běžným výskytem mlhy (nábřeží, přístav). Zajišťuje přijatelnou viditelnost i v husté mlze [26, 51].



Obrázek č. 6: Nízkotlaká sodíková výbojka a příklad jejího spektra [51]

Vysokotlaká rtuťová výbojka (Obrázek č. 7) obsahuje modrozelenou až modrobílou barvu světla, neobsahuje červenou složku. Vnímání barev se zkresluje. Hlavní elektrody mají wolframový drát potažený emisní vrstvou oxidu barya, stroncia a vápníku. Je odolná proti změnám teploty a proti otřesům. Má relativně nízký měrný

výkon a nemá vhodné barevné vlastnosti. Láká hmyz daleko více než sodíkové výbojky. Tento světelný zdroj se mění za halogenidovou nebo vysokotlakou sodíkovou výbojku [49, 51].



Obrázek č. 7: Vysokotlaká rtuťová výbojka a příklad jejího spektra [57]

Indukční výbojka (Obrázek č. 8) pracuje obdobně jako zářivka. Nemá elektrody, proto má delší životnost. Páry rtuti jsou vyvolávány vysokofrekvenčním elektromagnetickým polem. Její nevýhodou je vysoká cena, velké rozměry a malý výběr vyhovujících svítidel. Využívá se na těžko přístupných místech, kde není možná pravidelná údržba. Ve veřejném osvětlení se používá jen výjimečně [49, 51].

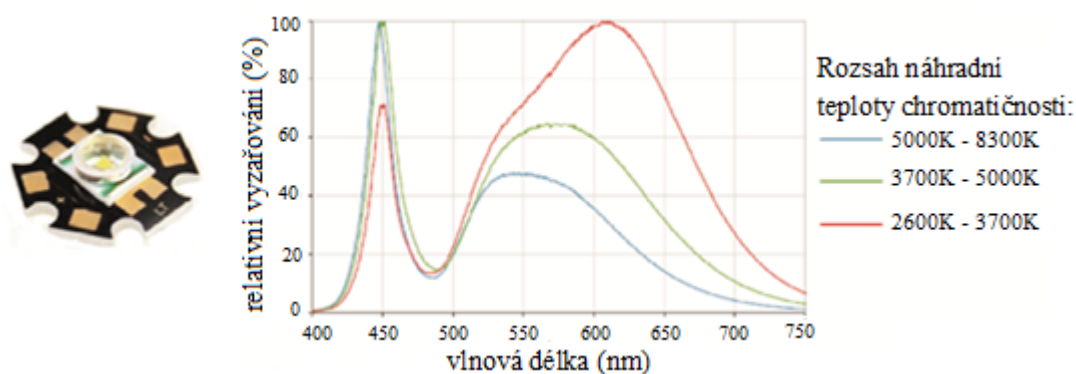


Obrázek č. 8: Indukční výbojka [51]

Světelná dioda (Obrázek č. 9), zvaná LED dioda, náleží do skupiny polovodičových světelných zdrojů. Díky svým vlastnostem a parametrům představuje perspektivní zdroj pro veřejné osvětlení. Tabulka č. 1 ukazuje klady a zápory bílé barvy [49].

Světelné diody lze klasifikovat do tří kategorií:

- SMD LED (indikace) – auta, mobily, počítače, orientační osvětlení,
- klasické LED (signalizace) – třetí brzdová světla automobilů, kontrolky, reklama, orientační osvětlení,
- výkonové LED (osvětlování) – dopravní signalizace, zábavní průmysl, velké slavnostní osvětlení [51].



Obrázek č. 9: Světelná dioda a příklad možností záření světelných diod [57]

Bílé světlo lze zajistit dvěma způsoby:

- světlo vzniká v modré oblasti a ostatní části spektra se získávají pomocí luminoforu, který převádí modré světlo na oranžové – studená bílá barva,
- bílého světla se dosahuje mísením tří primárních barevných tónů (červené, zelené a modré) – teplá bílá barva [49].

Tabulka č. 1: Klady a zápory světelných diod v bílé barvě [51]

Systém	Pro	Proti
Studená bílá	Měrný výkon ~ 40-50 lm/W průmyslová technologie	$R_a > 70$
Teplá bílá	Náhrada hal. žárovek $R_a > 90$	Menší měrný výkon
RGB	Možnost nastavení barvy Živé a syté barvy	Složitější předřadník

Výhody: úspora elektrické energie, účinnost svítidel až 90 - 95 %, snadná regulace, schopnost spolehlivého usměrnění světelného toku, schopnost výběru barevného tónu světla, doba životnosti až 100 000 hod., lepší index podání barev než u vysokotlaké sodíkové výbojky. Měrný výkon a životnost stále narůstá [49, 60].

Nevýhody: světelný tok a životnost závisí na okolní teplotě, po ukončení životnosti se musí celé svítidlo nahradit novým. Jelikož se jedná o bodové zdroje s vysokým jasnem, pak mohou vyvolat oslnění [60].

Náš organismus je citlivý na modrou složku světla, jelikož připomíná denní světlo. Pro noční prostředí je nejvhodnější světlo s modrou složkou při nízkých jasech, kdy se uplatňuje mezopické vidění [41].

3.1 Měrný světelný výkon – η

Poskytuje informaci o účinnosti zdroje světla, v němž se elektřina přetváří na světlo. Zjišťuje se kolik lm (lumen) světelného toku lze vytěžit z 1 W (watt) elektrického příkonu. Určuje se z poměru světelného toku (lm) k elektrickému příkonu (W) [31, 53].

$$\eta = \frac{\Phi}{P}$$

kde

η ... měrný světelný výkon [lm/W],

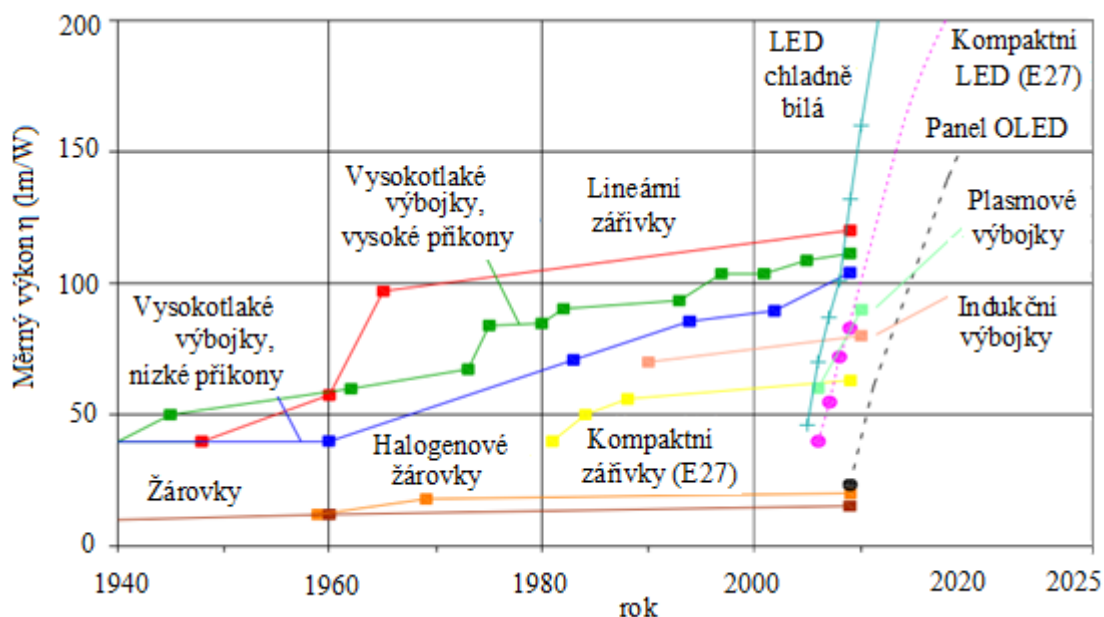
Φ ... světelný tok [lm],

P ... elektrický příkon [W].

Zdroj při větším měrném výkonu lépe změní dodanou energii na světlo [31, 53].

- **Zdroje bez předřadníků:** žárovky – výkon zdroje je identický s příkonem svítidla.
- **Zdroje s předřadníkem:** zářivky a výbojky – k příkonu světelného zdroje se musí připočítat příkon předřadníku [53].

Základní parametry světelných zdrojů znázorňuje Obrázek č. 10 [70].



Obrázek č. 10: Světelné zdroje pro všeobecné osvětlení [70]

3.2 Příkon – P_{sv} (W)

Příkon je podstatným kritériem pro hodnocení energetické náročnosti svítidel. Větší část světelných zdrojů vyžaduje ke svému provozu předřadná zařízení. Příkon svítidla je dán součtem výkonu nutného pro činnost světelných zdrojů a výkonu na krytí ztrát v předřadných zařízeních v zapnutém stavu. Štítky na svítidlech poskytují informaci jenom o výkonu světelného zdroje. Celkový příkon svítidla lze obvykle najít v katalogových listech svítidel. Pokud svítidlo obsahuje elektronicky stmívatelný předřadník a zapíná se a vypíná určitým signálem, nachází se předřadné zařízení pod napětím. Některá svítidla odebírají proud i ve vypnutém stavu. Tomuto proudu je úměrný parazitní příkon, se kterým je nutno počítat [26].

4 SVÍTIDLA POUŽITELNÁ VE VEŘEJNÉM OSVĚTLENÍ Z POHLEDU ÚČINNOSTI, ČINITELE VYUŽITÍ A VYZAŘOVÁNÍ DO HORNÍHO POLOPROSTORU

Základními prvky osvětlovacích soustav jsou svítidla, která se skládají ze:

- **světelně činné části** – mění se rozložení světelného toku a jeho rozptyl, dochází k zamezení oslnění, omezení jasu a eventuálně se mění i spektrální rozložení světla,
- **konstrukční části** – používají se k připevnění světelného zdroje a světelně aktivních částí, k instalaci elektrických částí, k zakrytí světelných zdrojů, k ochraně před nebezpečným dotykovým napětím, před proniknutím neznámých předmětů a vody,
- **elektrické části** – připojují světelné zdroje k napájecí síti [54].

Svítidla by měla mít snadnou instalaci, jednoduchou údržbu, dlouhou životnost a spolehlivost. Jejich živé části nesmí být přístupné, ani při výměně světelných zdrojů či předradníků. Vždy se musí dbát na ochranu před úrazem elektrickým proudem [54].

4.1 Účinnost svítidla

Informuje o využití světelného toku zdroje. Hodnota je dána vztahem světelného toku svítidla ke světelnému toku světelných zdrojů. Jedná se o významný parametr pro výběr účelného svítidla a pro plán osvětlovací soustavy [55, 57].

$$\eta_{sv} = \frac{\Phi_{sv}}{\Phi_z}$$

kde

η_{sv} ... účinnost svítidla [-],

Φ_{sv} ... světelný tok svítidla [lm],

Φ_z ... světelný tok všech zdrojů světla ve svítidle [lm] [55, 57].

Maximální účinnost vykazuje holý světelný zdroj v objímce. Nelze ho však použít kvůli oslnění, nevyhovujícímu směřování vyzařovaného světelného toku a nedostačující ochraně před účinkem okolí a nebezpečným dotykem [57].

Z pohledu maximálního využití dodávané elektrické energie je nutno docílit vysokých hodnot této veličiny. U běžných svítidel bývá účinnost v rozmezí od 0,5 do 0,8 a u velmi kvalitních světlometů a LED svítidel i přes 0,95 [57].

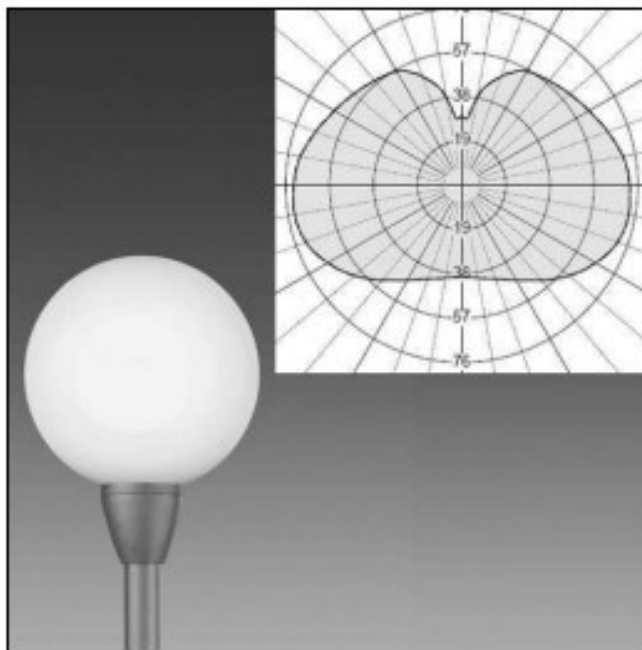
Účinnost svítidla lze zvyšovat kvalitnějším materiálem, eventuelně zvětšením prostorového úhlu výstupního otvoru. Záleží na odrazných vlastnostech reflektoru. Čím je bude mít lepší, tím se od něho více světla odrazí. Také záleží na propustnosti difuzoru. Čím bude více propustný, tím více světla jím projde [51].

Problematické může být, pokud se světelný zdroj nachází blíže k výstupnímu otvoru reflektoru. Dojde ke zvětšení prostorových úhlů, čímž se omezí clonění svítidla a může dojít k vyššímu oslnění [51].

4.2 Činitel využití toku svítidla

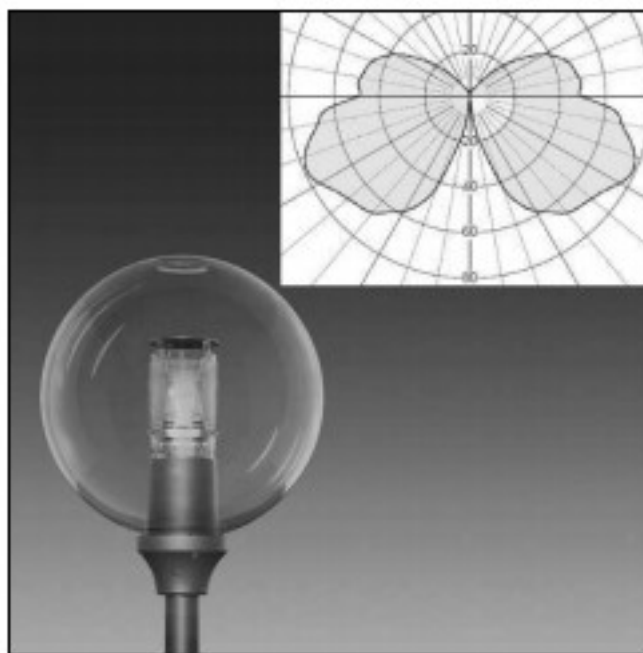
Činitel využití světelného toku svítidla se určuje v případě, kdy na požadovanou osvětlovanou plochu nedopadá všechno světelné tok, který je svítidlem vyzařován. Určuje se jako podíl toku dopadajícího na osvětlovanou plochu a celkového toku vyzařovaného svítidlem [55].

Nejdůležitější je distribuce světelného toku. Pokud bude světlo ze světelného zdroje mířit vhodným směrem, tak méně účinné svítidlo obstará kvalitnější a ekonomičtější osvětlení. Například svítidlo s kulovým difuzorem, který znázorňuje Obrázek č. 11, šíří světlo do všech směrů. Celková účinnost má hodnotu 0,79. Světelný tok vyzařuje stejně do dolního i horního poloprostoru [51].



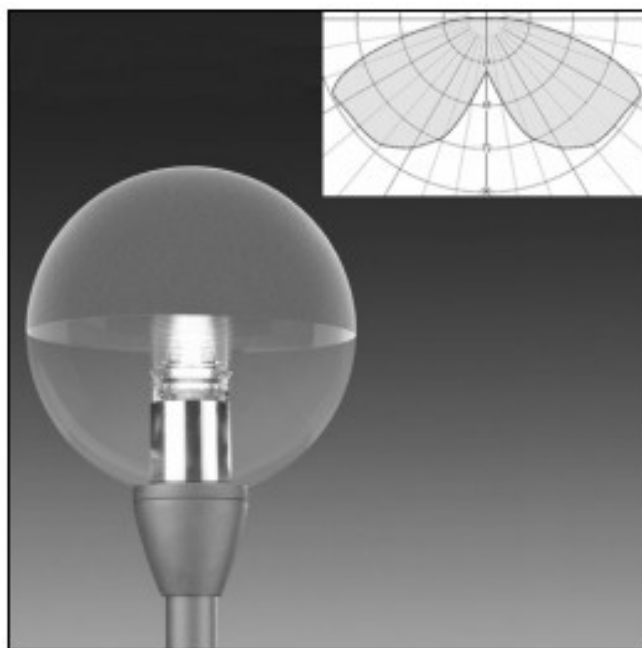
Obrázek č. 11: Svítidlo ve tvaru koule [51]

Obrázek č. 12 zobrazuje svítidlo „kouli“ vybavené refraktorem. Tím dojde k přesměrování větší části světelného toku do dolního poloprostoru. Celková účinnost svítidla se sníží na hodnotu 0,61. Do dolního poloprostoru vyzařuje přibližně 2/3 světla. To znamená, že svítidlo s nižší účinností zaručuje vyšší osvětlenost [51].



Obrázek č. 12: Svítidlo „koule“ s refraktorem [51]

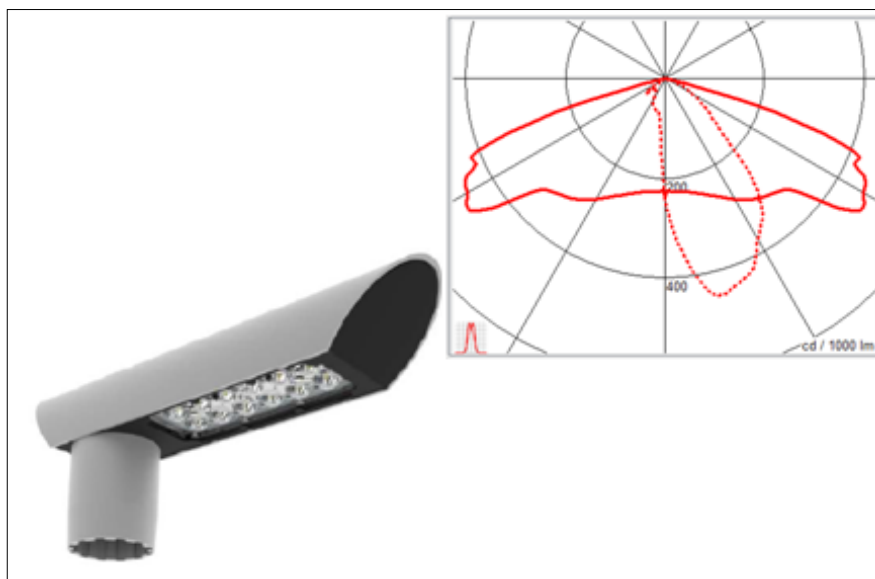
Obrázek č. 13 ukazuje svítidlo „koule“ s refraktorem ještě opatřené clonou, která skoro všechno světlo zamíří do dolního poloprostoru. Celková účinnost svítidla se sníží na 0,47. Tudíž na zemský povrch dopadne asi 96 % světelného toku. Účinnost klesla, ale světelný tok dopadající tam, kam má, vzrostl [51].



Obrázek č. 13: Svítidlo „koule“ s refraktorem a s clonou [51]

Z výše uvedeného vyplývá, že činitel využití může mít větší výkon než účinnost. To je platné hlavně pro prostor, kde se používají dekorativní svítidla. Jsou vhodná tam, kde je důležitý estetický vzhled a technické parametry jsou až na dalším místě [51].

Pokud dojde k porovnání výše uvedených typů svítidel s LED svítidly, LED svítidla jsou na tom lépe. Příčinou toho je jejich konstrukce. Obrázek č. 14 zobrazuje příklad LED svítidla, které má celkovou účinnost $> 0,96$. Světelný tok se šíří pouze do dolního poloprostoru, tam kde má. Tím dochází k velkému využití toku svítidla [20, 51].



Obrázek č. 14: Jiskra LED svítidlo [20]

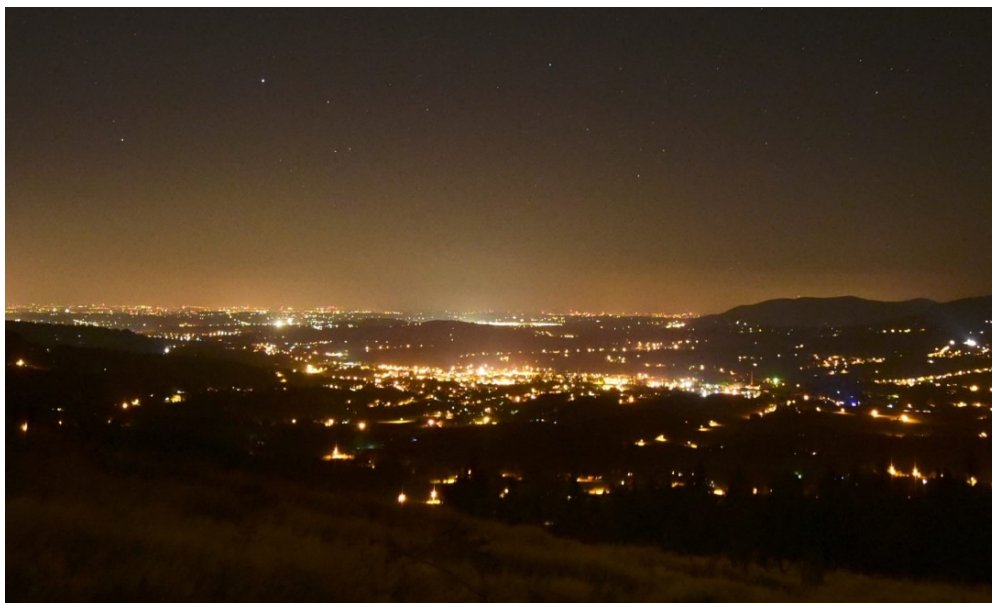
4.3 Světlo vyzářené do horního poloprostoru ULR

Je to světelný tok vyzařovaný do atmosféry. Způsobuje závojevý jas oblohy. Tvoří ho přímá a odražená složka světelného toku od terénu a objektů v okolí [57].

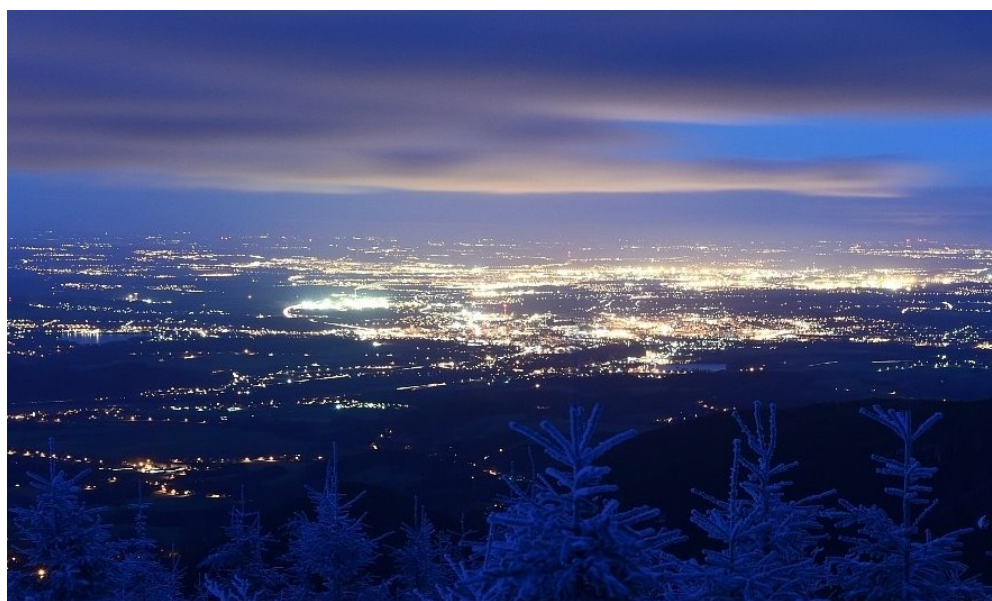
Rušivé světlo se projevuje zvětšujícím se jasem oblohy. Nekvalitní oslňující světla, která dopadají na cizí budovy a pozemky, bývají vážným problémem. Tyto projevy se sníží vhodnou instalací a nasměrováním svítidel, neosvětlováním zbytečných míst, náležitým provozem a údržbou osvětlovacích systémů, vypínáním či regulací osvětlení v nočních hodinách, výstavbou umělých a přírodních překážek [35].

Světlo vyzařované ze svítidel či z nasvětlených míst vzhůru se v atmosféře rozptyluje stejně jako sluneční světlo, které míří na zemský povrch. Pokud se porovná směr jeho šíření od zemského povrchu, zjistí se, že světlo jdoucí méně kolmo nahoru se více rozptýlí než světlo jdoucí kolmo vzhůru. Světlo prochází déle atmosférou [30].

Protože atmosféra pohlcuje více modrou složku, slunce má barvu více dočervena (Obrázek č. 15). Záře v zimním období zobrazuje Obrázek č. 16. Pokud světlo září vodorovně, svítí nám do očí a dochází k oslnění [33].



Obrázek č. 15: Pohled z úbočí Ondřejníku směr F-M [Šigut, 2016]



Obrázek č. 16: Pohled z Lysé hory směr F-M [Šigut, 2014]

Distribuci světelného toku vyzařovaného do horního poloprostoru se věnuje i Nařízení Komise (ES) č. 245/2009, kterým se provádí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2005/32/ES, pokud jde o nároky na ekodesign zářivek bez integrovaného předřadníku, vysoce intenzivních výbojek, předřadníků a svítidel sloužící k provozu těchto zářivek a výbojek, a kterým se ruší směrnice Evropského parlamentu a Rady 2000/55/ES [55].

Tabulka č. 2 ukazuje stanovené přípustné světelné toky pro horní poloprostor. Nároky nejsou tříděné podle environmentálních oblastí E1 až E4, ale jsou platné kdekoli. V oblastech, kde je nutné omezit negativní vlivy osvětlení, by podíl světla vyzařovaný nad vodorovnou rovinu neměl být vyšší než 1 % u veškerých tříd osvětlení a pro jakýkoliv světelný tok zdroje [55].

Tabulka č. 2: Doporučené hodnoty URL [55]

Třída osvětlení	Světelný tok zdroje (lm)	ULR (%)
M1 až M6	všechny	3
C0 až C5, S1 až S6	$12\,000 \leq \Phi$	5
	$8\,500 \leq \Phi < 12\,000$	10
	$3\,300 \leq \Phi < 8\,500$	15
	$< 3\,300$	20

4.4 Svítivost

Svítivost je významnou fotometrickou veličinou. Určuje se ze světelného toku vyzařovaného zdrojem a z velikosti prostorového úhlu, kterým je světelný tok vyzařován [17, 40].

$$I = \frac{d\Phi}{d\Omega}$$

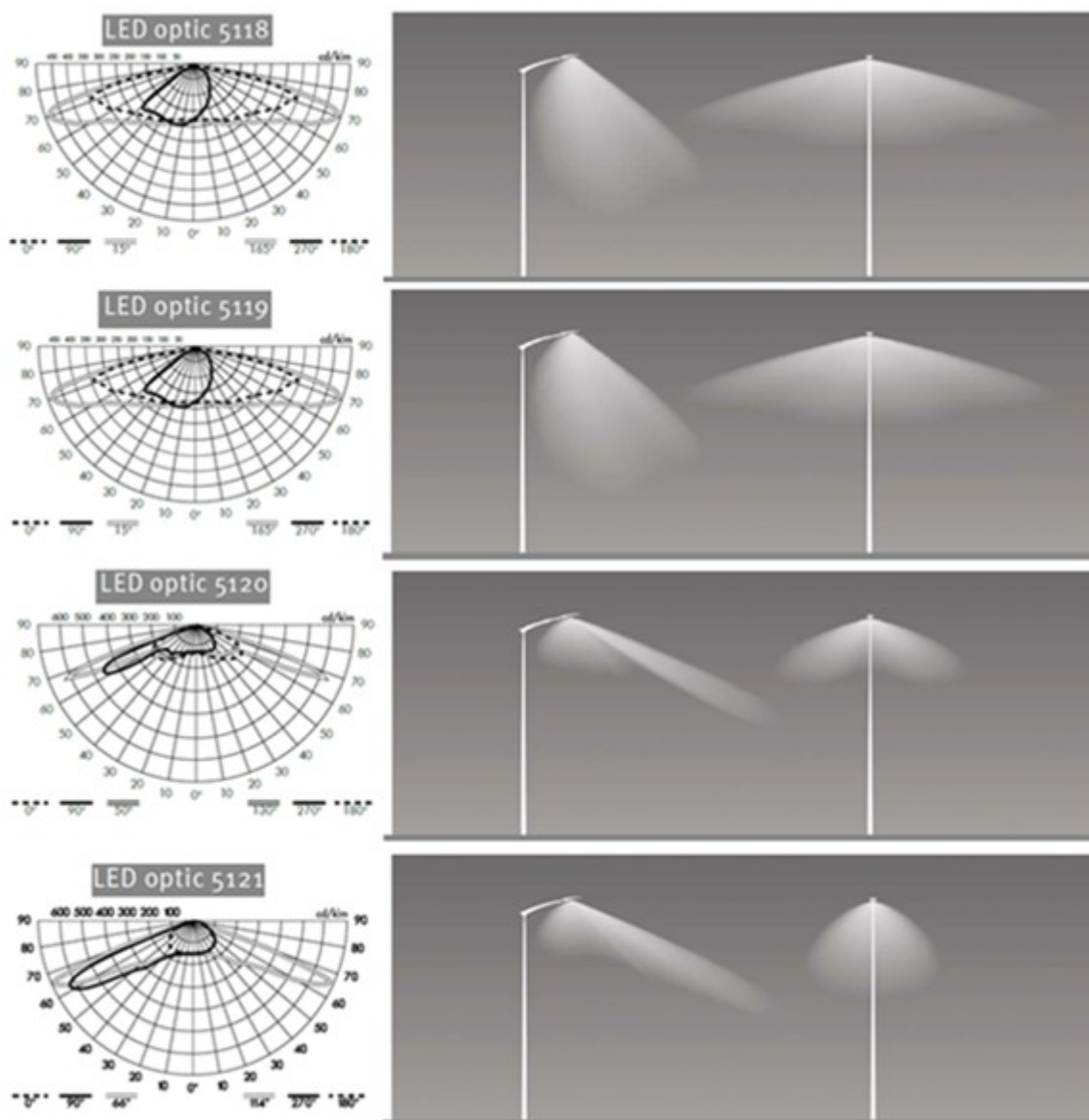
kde

I ... svítivost [cd],

$d\Phi$... světelný tok [lm],

$d\Omega$... prostorový úhel [sr] [17, 40].

Svítivost zdroje bývá rozdílná. Záleží na směru úhlu dopadu světla. Proto má každé svítidlo charakteristickou křivku svítivosti, která se uvádí v katalogovém listě. Tyto křivky se zaznamenávají do polárních či pravoúhlých souřadnic. Křivky svítivosti (Obrázek č. 17) vystihují směr dopadu světla ze svítidla. Zpravidla se udává jen polovina řezu (symetrie). Zavádějí se pro zdroje se světelným tokem 1 000 lm [17, 40].

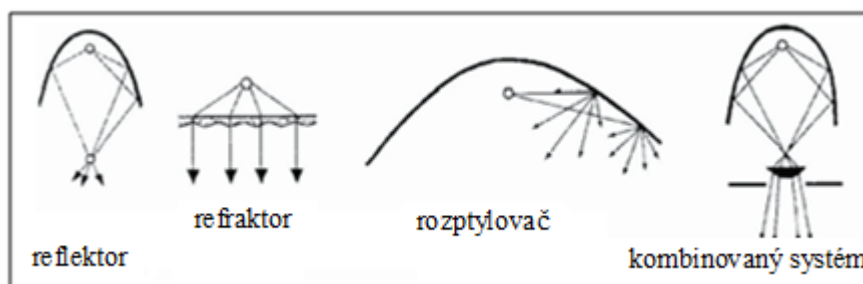


Obrázek č. 17: Příklady křivek svítivosti [7]

4.5 Optické části svítidel

Úlohou optické části svítidla je regulovat světelný tok, který přichází ze svítidla do žádaného směru (křivka svítivosti). Filtruje světelný tok a omezuje oslnění. Náleží k nejvýznamnější části svítidla, protože má vliv na světelně technická kritéria, hlavně na účinnost svítidla [57, 60].

Rozeznáváme čtyři základní optické prvky regulující světelný tok do žádaného směru. Nejvíce se využívají reflektor a rozptylovač (Obrázek č. 18) [57].



Obrázek č. 18: Základní optické prvky regulující světelný tok [57]

Reflektor pozměňuje rozklad světelného toku z velké části prostřednictvím zrcadlových odrazů. Pro jejich výrobu se využívají slitiny hliníku, které jsou pokryté kovy se směsí stříbra se zrcadlovou povrchovou úpravou. Je to nejlepší výběr, poněvadž dosahují účinnosti až 95 % [57].

Refraktor pozměňuje rozklad světelného toku na základě optického zákona lomu. Vyrábějí se převážně ze skla, polymethylmethakrylátu, polystyrenu nebo dalších plastů [57].

Difuzor rozptyluje světelný tok odražením či prostoupením. Světelný tok vyzařuje jako pravidelně rozptýlený prostor. Rozeznáváme difuzory s rozptýleným odražením a s rozptýleným prostoupením [57].

4.6 Krytí svítidel (IP)

Krytí svítidel se vyznačuje zkratkou IP (Ingress Protection) a dvojčíslím. První číslo (0 – 6) znamená stupeň ochrany před nebezpečným dotykem a proniknutím neznámých předmětů. Druhé číslo (0 – 8) znamená ochranu před proniknutím vody. Čím je číslo větší, tím je větší stupeň ochrany [55].

Pro VO jsou nejvíce využívána svítidla s krytím IP 65 nebo IP 66, což znamená, že jsou prachotěsná a odolná proti dešťové vodě. U svítidel s menším krytím dochází k rychlejšímu znečištění a k rychlejšímu znehodnocení jejich parametrů. Čím větší krytí svítidlo má, tím je jeho životnost delší [55].

4.7 Typy vybraných svítidel pro cyklostezky

➤ Artechnic-Schröder

Ampera je svítidlo (Obrázek č. 19), které zvyšuje bezpečnost a světelnou pohodu. Má hodně variant a nízké provozní náklady, což má za následek návratnost vložených prostředků. Udrží si vysokou kvalitu a má dlouhou životnost. Vyrábí se ve třech velikostech – Mini, Midi a Maxi. Je vhodné k osvětlování komunikací a městských částí. Toto svítidlo dokonale nahrazuje svítidla s různými výbojkami, například rtuťovými nebo sodíkovými. Stupeň krytí celého svítidla je IP 66. Instaluje se do výšky 4 až 12 m. Těleso svítidla je tvořené z tlakově lité slitiny hliníku, které je povrchově upravené šedou pískovanou barvou. Difuzor je skleněný. Světelný tok svítidla je 1 100 až 33 400 lm, světelný výkon 38 až 86 W a příkon 10 až 279 W [7, 50].



Obrázek č. 19: Ampera svítidlo [50]

PIANO svítidlo (Obrázek č. 20) je vyráběno ve dvou velikostech – Piano 1 do 48 LED a Piano 2 do 96 LED. Jsou ideální na osvětlování ulic, otevřených prostranství a parků. Svítidla poskytují jedinečné fotometrické východisko pro oblasti s menšími požadavky na osvětlení (např. parková svítidla). Netvoří rušivé světlo, které obtěžuje obyvatele okolních domů. Svítidla se uchycují za zadní část, čímž dochází k rovnoměrnému nasvětlení komunikace a chodníku. Úzké ulice a chodníky se osvětlí jejich montáží na zeď domů. Stupeň krytí celého svítidla je IP 66 [7].

U svítidla určeného k dekoraci lze řídit i spotřebu energie. Má extra čiré a rovné sklo, samostatný systém stmívání a minimální nárok na údržbu. Může obsahovat samostatný regulační systém [7].



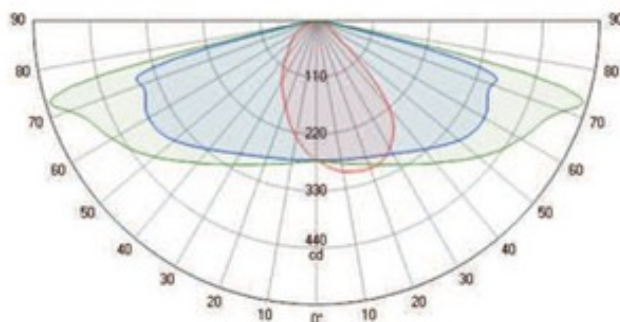
Obrázek č. 20: PIANO LED svítidlo [7]

TECEO svítidlo má vynikající parametry na osvětlování komunikací a jiných otevřených prostorů. Bylo navrženo tak, aby se docílilo co nejmenších provozních nákladů. Svítidlo obsahuje moderní optický systém druhé generace LensoFlex ®2. Má flexibilně sestavené LED moduly a více příležitostí výběru napájecích proudů LED. Díky proudovým zdrojům umožňuje regulaci osvětlení. Elektronická a optická část se dá nahradit přímo na místě [7].

Produkce se ve dvou velikostech:

TECEO 1: (Obrázek č. 21) má nejvíce 48 LED. Používá se k osvětlování obytných částí, cyklostezek a parkovišť. Instaluje se do výšky 4 až 8 m. Světelný tok je 1 100 až 12 200 lm a příkon 10 až 107 W [7].

TECEO 2: má nejvíce 144 LED. Je vhodnější k osvětlování širokých komunikací a dálnic. Instaluje se do výšky 6 až 12 m. Světelný tok je 7 800 až 28 700 lm a příkon 62 až 221 W [7].



Obrázek č. 21: TECEO 1 svítidlo a křivka jeho svítivosti [9]

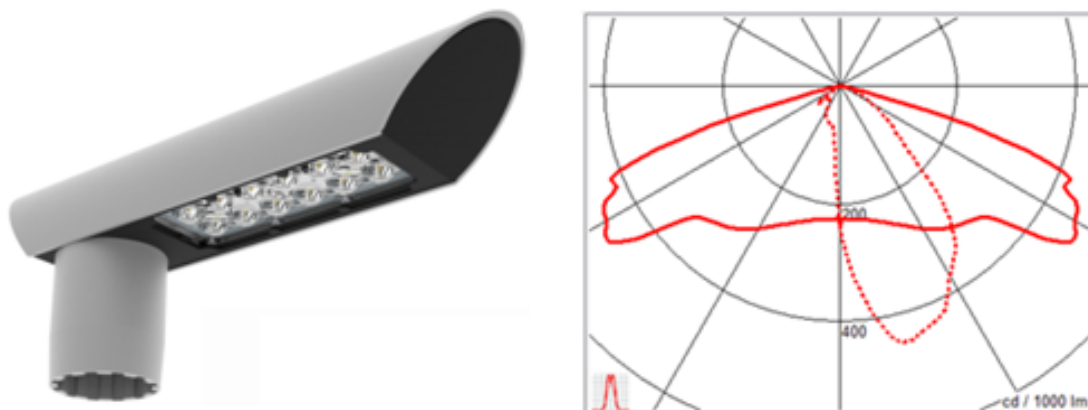
VOLTANA svítidlo (Obrázek č. 22) významně snižuje spotřebu energie a zvyšuje úroveň osvětlení. Svítidlo obsahuje testovaný LED systém LensoFlex ®2. Vyrábí se v pěti velikostech se světelným tokem od 1 100 do 21 800 lm. Vyhovuje vysokým nárokům na osvětlování komunikací a městských oblastí. Je to svítidlo s minimální údržbou, na které je 5 let záruka. Stupeň krytí svítidla je IP 66. Vzduchuje vysokým teplotám. Řídící systémy regulace osvětlení jsou volitelné. Reguluje se buď fotobuňkou nebo dálkovým řízením Owlet [7, 8].



Obrázek č. 22: VOLTANA svítidlo [8]

➤ ELSTAV

Jiskra LED Alfa je všestranné svítidlo (Obrázek č. 23), které je velmi vhodné k osvětlování komunikací nižších tříd, cyklostezek, pěších zón, parků a parkovišť. Je velice výkonné a cenově dostupné. Zaručuje úsporu elektrické energie, což zajistí návratnost počáteční investice. Krytí svítidla je IP 66 a doporučuje se používat pro 4 až 10 m vysoké stožáry. Svítidla jsou zhotovena z hliníku, který lze zcela recyklovat. Jejich teplota chromatičnosti 3 500 K a index podání barev – CRI min. 75. Světelné zdroje patří mezi nejefektivnější LED diody. U těchto svítidel dochází k nejlepšímu odvodu tepla, protože vykazují velice nízký tepelný odpor. Mají výměnný LED modul s dvanácti diodami. Jsou zhotovena ve shodě s EN 62471 „Fotobiologická bezpečnost světelných zdrojů a soustav světelných zdrojů” a nejsou příčinou poškození očí v normálním provozu [20].



Obrázek č. 23: JISKRA LED Alfa svítidlo a křivka jeho svítivosti [20]

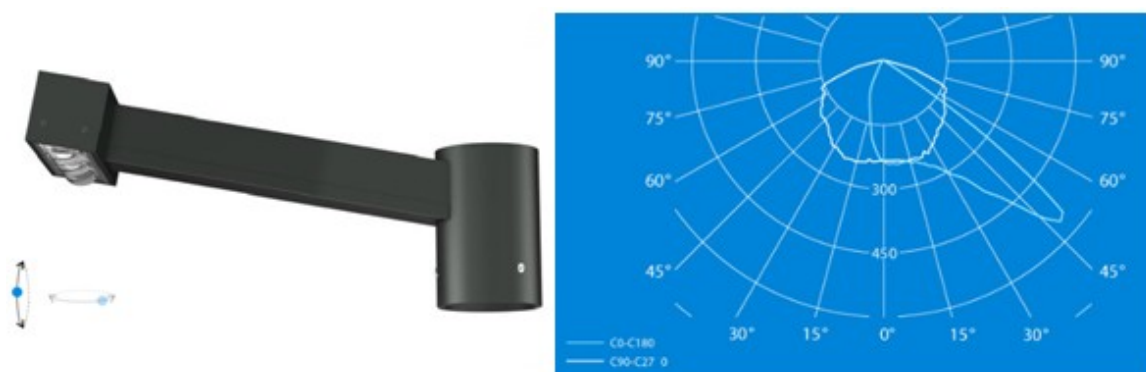
➤ HELLUX

DWS 135 LED je svítidlo (Obrázek č. 24) nové generace, kvalitně vypracované. Má slušivý a moderní design. Těleso je z tlakově litého hliníku a difuzor z rovného tvrzeného skla. Patří mezi účelná svítidla osvětlující komunikace, náměstí, cyklostezky, parkoviště, parky aj. Vyrábí se ve dvou velikostech – DWS 135 a DWS 136. Optika se podle výkonu skládá z 3 až 18 LED čipů. Ty jsou prostřednictvím termické fólie osazeny k chladiči svítidla, což lépe odvádí teplo od čipu. Jsou lehce rozložitelné a přístup je možný bez nástrojů. Jsou opatřeny přepětovou ochranou. Krytí svítidla je IP 66. Jejich příkon je od 25 do 134 W, teplota chromatičnosti 4 000 K, index podání barev – CRI min. 70 až 79 a životnost mají 80 000 hod. Jsou regulovatelné [29].



Obrázek č. 24: DWS 135 LED svítidlo a křivka jeho svítivosti [29]

PURO 770 LED svítidlo (Obrázek č. 25) je vhodné pro osvětlování vedlejších komunikací, náměstí, obytných zón, cyklostezek, parkovišť a průmyslových areálů. Těleso svítidla je stvořeno z hliníkového profilu. Jeho součástí je výložník. Povrch má upravený práškovou barvou podle přání zákazníka. Optickou účinnost má 94 %. Čočky svítidla jsou zhotovené z velmi čistého a tepelně trvanlivého PMMA. Stupeň krytí je IP 65. Montáž těchto svítidel se doporučuje do výšky 3 až 6 m. K jejich otevření nejsou potřebné žádné nástroje [28].

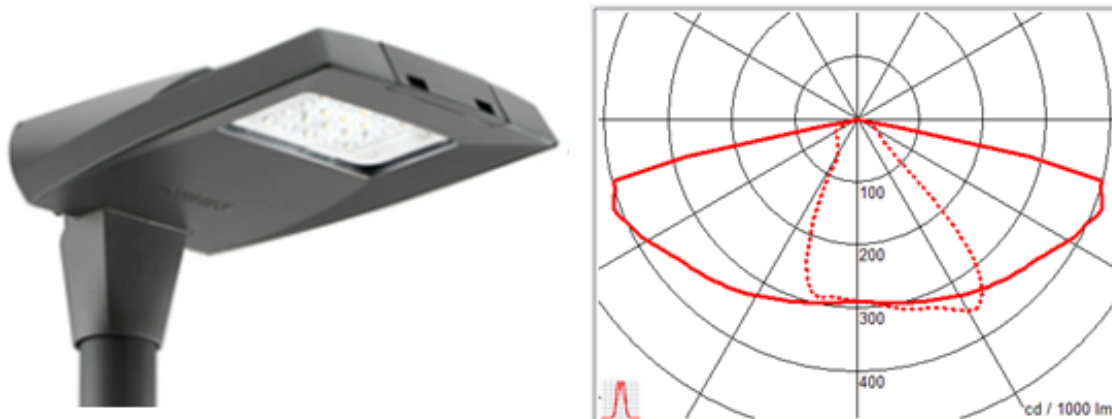


Obrázek č. 25: PURO 770 LED svítidlo a křivka jeho svítivosti [28]

➤ Philips

Luma Micro svítidlo (Obrázek č. 26) patří mezi velmi výkonná svítidla VO. Stačí nainstalovat a už se nestarat. Životnost, světelný tok a energetický charakter lze upravit tak, aby došlo k úspoře energie a nákladů. Zabraňuje se přílišnému svícení po dobu životnosti svítidla. Jeho plochý tvar zamezuje světlu unikat do horního poloprostoru. Aby svítidlo neoslňovalo, ale světlo optimálně vyzařovalo, dá se při instalaci úhel sklonu lehce změnit. V porovnání s ostatními svítidly, uspoří více než 50 % energie. Tím dochází ke snižování emisí CO₂ [44].

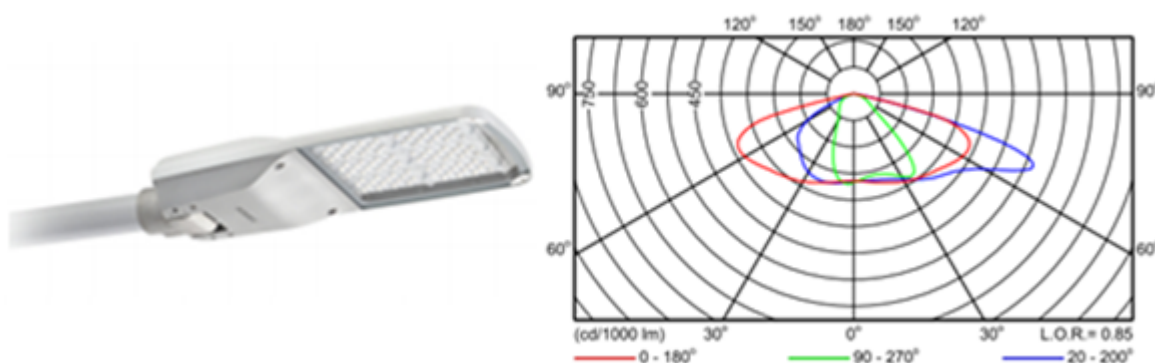
Svítidlo je vhodné pro osvětlování dálnic, různých komunikací, přechodů pro chodce, kruhových objezdů, náměstí, parků, cyklostezek, průmyslových areálů, nádraží, letišť aj. Instalace je vhodná do výšky 4 až 6 m. Světelný tok svítidla je 1 056 až 4 312 lm, měrný výkon 70 až 106 lm/W, příkon 12 až 46 W, index podání barev 70 nebo 80, teplota chromatičnosti 3 000 nebo 4 000 K a doba životnosti 100 000 hod. při 25°C [44].



Obrázek č. 26: Luma Micro svítidlo [44]

UniStreet je velmi účinné svítidlo (Obrázek č. 27). Má nízké počáteční náklady a vynikající úspory nákladů při porovnání s obvyklým svítidlem, tzn. plná návratnost za krátký čas. Vyrábí se v mnoha různých světelných výkonech v rozmezí od 1 000 až do 10 000 lm. Je schopné nahradit zastaralý konzervativní světelný zdroj a svítidlo. Svítidlo je vytvořeno z hodnotných recyklovatelných materiálů. Tělo má z hliníku litého pod tlakem a sklo čiré barvy. Protože se jedná o LED řešení, je žádán pouze minimální servis. Velmi vhodné pro obytné části a vedlejší komunikace [45].

Světelný tok svítidla je 1 100 až 10 400 lm, světelný výkon až 100 lm/W, účinnost světelného zdroje až 100 lm/W, index podání barev – CRI min. 70, teplota chromatičnosti 4 000 K, doba životnosti 60 000 hod. při 25°C a příkon 11 až 110 W [45].

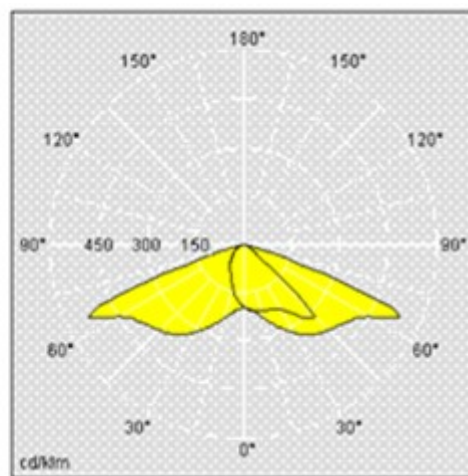


Obrázek č. 27: UniStreet svítidlo a křivka jeho svítivosti [45]

➤ **Thorn Lighting CS**

CIVITEQ svítidlo (Obrázek č. 28) je co se týče provozních nákladů a výkonu zlatou střední cestou. Je opatřeno optikou R-PEC® poskytující bezpečné a účinné osvětlení obytných částí a různých komunikací. Vyrábí se ve dvou rozměrech do 17 000 lm a má dvanáct spolehlivých vyzařovacích charakteristik. Jeho instalace je univerzální. Obsahuje přepínač Bi-Power, kterým se dá regulovat svítivost. Jedná se o lehké svítidlo, kterým lze snadno manipulovat. Jen malá část plochy svítidla je vystavena větru. Horní kryt je z hliníku litého pod tlakem, povrchová úprava je v šedé barvě a difuzor je z tvrzeného skla. Neobtěžující a nákladově efektivní východisko pro osvětlování komunikací. Má nízké nároky na údržbu a nemá žádné požadavky měnit LED předřadník [63].

Světelný tok svítidla je 1 715 lm, světelný výkon 114 lm/W, účinnost světelného zdroje 114 lm/W, index podání barev – CRI min. 70, teplota chromatičnosti 4 000 K, doba životnosti 100 000 hod. při 25°C, příkon 15 W a Lambda 0,9 [63].

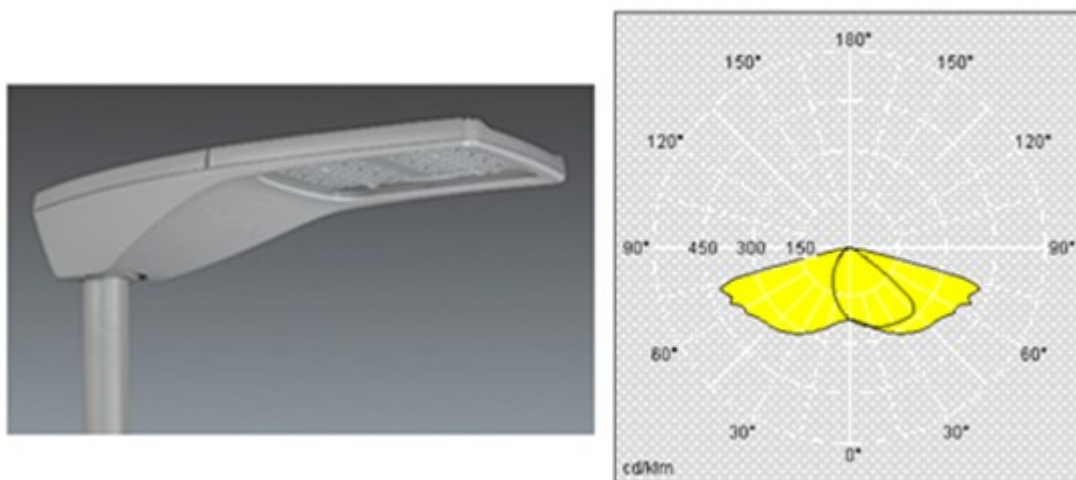


Obrázek č. 28: CIVITEQ svítidlo a křivka jeho svítivosti [63]

R2L2 svítidlo (Obrázek č. 29) patří mezi uliční svítidla vybavená progresivní LED technologií. Poskytují bezvadnou účinnost osvětlení. Vyrábí se ve třech velikostech s širokou schopností volby světelného výkonu, optického systému a vyzařovacích typů pro různá využití až po M1. Optika R-PEC poskytuje dvanáct vyzařovacích typů pro spolehlivé směřování [63].

Svítidlo zahrnuje mnoho rozumných řešení pro regulace osvětlení, od samého tlumení až po vzdálené ovládání pomocí centrálního kontrolního systému. Tím dochází k větší úspoře energie. Povrch má upravený práškovou šedou barvou s texturou, která je odolná slané mlze až 1 000 hodin [63].

Světelný tok svítidla je 1 541 lm, světelný výkon 103 lm/W, účinnost světelného zdroje 103 lm/W, index podání barev – CRI min. 70, teplota chromatičnosti 4 000 K, doba životnosti 100 000 hod. při 25°C, příkon 15 W a Lambda 0,95 [63].



Obrázek č. 29: R2L2 svítidlo a křivka jeho svítivosti [63]

Pro volbu svítidla VO je podstatné:

- vyzařující světelný tok do prostoru – vyjadřuje křivka svítivosti,
- účinnost svítidla,
- činitel využití vyzařovaného toku,
- udržovací činitel,
- krytí svítidla,
- mechanická odolnost,
- vzhled svítidla [55].

Jsou různé typy svítidel. Některé jsou vyhovující pro osvětlení komunikací s motorovou dopravou, jiné pro pěší komunikace či cyklostezky a jiné pro osvětlení budov.

Účelem je, aby na osvětlovanou komunikaci dopadalo co nejvíce světelného toku. Pokud se bude jednat o nasvětlení například přechodu pro chodce, musí být navíc osvětleni i samotní chodci. Při osvětlování městských parků, obsahující spoustu chodníků různých tvarů, se pro příjemný dojem prostorového sledování používají svítidla s kruhovou charakteristikou, která osvětlují i oblasti okolo chodníků. To vyvolává u lidí pocit bezpečí [55].

4.8 Recyklace svítidel a nakládání s odpady VO

Při navrhování VO by se mělo počítat i se vznikem odpadů a jejich odstraněním. Odpadem se rozumí movitá věc, které se majitel zbavuje, nebo která byla vyloučena podle specifického právního nařízení. Nejvíce závadným odpadem z provozu a údržby VO bývají výbojkové světelné zdroje. Musí se likvidovat ve shodě se zákonem č. 185/2001 Sb. a vyhláškou č. 383/2001 Sb. [2].

Odpad s obsahem rtuť

Rtuť na sebe váže thiolové skupiny (-SH) enzymů, čímž může přivodit poškození organismu. Ve výbojových světelných zdrojích vzniká světlo výbojem ve rtuťových parách. V odpadech se mohou nacházet ještě i toxické sloučeniny barya, kadmia a thalia, či prvky jako antimon, olovo nebo vanad. Dle katalogu odpadů spadají žárovky do skupiny ostatních odpadů a výbojové světelné zdroje do nebezpečných odpadů. Odpady obsahující rtuť jsou velmi nebezpečné. Může vznikat ekotoxicita až akutní toxicita [2].

Zpětný odběr některých výrobků

Žárovky a výbojky se musí zpětně odebírat. Je to povinnost právnických a fyzických osob kompetentních k podnikání, které tyto produkty daly do oběhu. Tyto produkty je nutné recyklovat. Za zpětný odběr se od spotřebitelů nesmí žádat žádná platba [2].

5 NORMATIVNÍ POŽADAVKY NA VEŘEJNÁ OSVĚTLENÍ

Legislativa v dnešní době rušivé světlo neřeší. Před rokem 1989 bylo VO zapojeno do kompetence ministerstva vnitra, existovala odborná pověření k výkonu specifické činnosti, vydávaly se metodické příručky a pokyny a byla pořádána odborná školení a semináře. Dnes se vše řeší právními normami, které se problematikou zabývají [62].

Hlavní organizační jednotkou ve sféře plánování a zabezpečení vývoje, modernizace a provozu soustav VO jsou městské magistráty, obecní úřady a jimi určené organizace. VO je jedinou oblastí veřejně prospěšných služeb, kde kvalita i provozní situace je nařízena státní technickou normou. Zde chybí legitimní ochrana před nezkušenými zásahy a politickými nařízeními. Národní normy nařizují jisté nároky a požadavky na osvětlení, bezpečnost, kvalitu a odlišná měření. Jsou napsané podle evropských a mezinárodních norem. Výpis norem se nachází v Příloze č. 5 [56, 62, 64].

5.1 Základní normy pro VO

Při projektování osvětlovacích soustav VO se musí vycházet ze čtyř norem – ČSN CEN/TR 13201-1, 13201-2, 13201-3 a 13201-4 [60].

5.1.1 ČSN CEN/TR 13201-1: Osvětlení – Část 1: Pokyny pro výběr tříd osvětlení.

Je to technická zpráva, která pomáhá zatřídit určitou komunikaci do jednotlivých tříd osvětlení. Tabulka č. 23 v Příloze č. 2 zobrazuje skutečné typy světelných situací (A1 až E2) a lze úseky komunikace podle nich rozdělit (chodníky, cyklostezky). U světelných situací A1 až A3 se chodníky nemusí zařazovat do důležitých oblastí, protože jsou osvětleny z přilehlého jízdního pásu [60].

Komunikaci lze rozčlenit do tří základních tříd:

- M – týká se řidičů motorových vozidel, kteří se pohybují po komunikacích se střední až vysokou povolenou rychlostí – viz
- Tabulka č. 24 v Příloze č. 2.
- C – týká se řidičů motorových vozidel a ostatních účastníků, kteří se pohybují na komunikacích v konfliktních oblastech (obchodní třídy, křižovatky a místa,

kde vznikají zácpy) – viz Tabulka č. 25 v Příloze č. 2. Lze je použít pro chodce a cyklisty v podchodech a podjezdech.

- S – komunikace hlavně pro pěší a pro cyklisty, viz Tabulka č. 26 v Příloze č. 2. Platí pro komunikace v obytných zónách, pěších zónách, na parkovištích a školních dvorech [52, 56, 64].

5.1.2 ČSN EN 13201-2: Osvětlení – Část 2: Požadavky na provedení.

Formuluje třídy osvětlení podle měření světelných veličin. Podle zatřídění komunikace dle ČSN CEN/TR 13201-1 určuje hodnoty pro individuální třídy komunikací v následných veličinách:

- Průměrný jas povrchu komunikace \bar{L} [cd/m^2] sděluje jaká je celková úroveň jasu, který má vliv na řidiče. Záleží na osvětlenosti a odrazných vlastnostech povrchu komunikace a na místě pozorovatele. Používá se pro třídy osvětlení M [58, 60, 64].
- Celková rovnoměrnost jasu U_o udává rovnoměrnost povrchu komunikace sloužící jako pozadí pro objekty, dopravní značení a pro uživatele [60].
- Podélná rovnoměrnost jasu U_l má vliv na zrak, na viditelnost jasných a tmavých úseků komunikací [60].
- Průměrná osvětlenost \bar{E} [lx] se používá pro třídy osvětlení C [58, 64].
- Minimální osvětlenost E_{\min} [lx] se používá pro třídy osvětlení S [58, 64].
- Prahový přírůstek sděluje rozsah omezujícího oslnění TI [%]. Jeho zdrojem bývá samotné svítidlo [60].
- Činitel osvětlení okolí SR se používá pro úseky komunikací nehraničící s jinými komunikacemi, které mají vlastní nároky na osvětlení (cyklostezky, chodníky) [60].

Vzhled osvětlovací soustavy VO v noci závisí na těchto okolnostech:

- barevný odstín a podání barev vyzařovaného svítidla,
- instalovanou výšku svítidla,
- vzhled svítidla a veškeré osvětlovací soustavy,
- optické vedení, které je zabezpečované přímým světlem svítidla,

- regulace úrovně osvětlení [60].

Vzhled osvětlovací soustavy VO za denního světla závisí na dalších okolnostech:

- styl montáže svítidel,
- vzhled a zbarvení stožárů VO,
- rozměry stožárů ve spojitosti k okolním objektům (budovy, stromy, aj.),
- rozmístění stožárů v důležitých oblastech (historická centra),
- vzhled, vzdálenost a naklonění výložníků jednotlivých stožárů,
- naklonění svítidel,
- výběr svítidel [60].

5.1.3 ČSN EN 13201-3: Osvětlení – Část 3: Výpočet výkonu.

Je vodítkem při výpočtech vybraných fotometrických kritérií. Podle těchto výpočtů jsou formulovány jednotlivé třídy osvětlení. Definuje a popisuje výchozí podmínky a metody, které je třeba aplikovat při výpočtech osvětlení pozemních komunikací [58, 60, 64].

Postup výpočtu fotometrických kritérií

- Vstupní fotometrická data svítidla – významná data, která zobrazují šíření světelného toku svítidlem (např. velikost světelného toku, křivka svítivosti).
- Stanovení křivek svítivosti svítidla – poskytnuto výrobcem, eventuálně se stanoví měřením.
- Stanovení odrazných charakteristik povrchu – u tříd osvětlení, kde se navrhují osvětlení podle stanovení jasů (třídy M).
- Výpočet svítivosti – podle umístění a otáčení svítidla, podle úhlu naklonění a při aplikaci svítidla.
- Výpočet osvětlenosti – pro třídy C a S. Musí se vzít v úvahu: úhel dopadu světla, počáteční světelný tok veškerých světelných zdrojů uvnitř svítidla, udržovací činitel svítidla, stáří světelného zdroje a výška instalace svítidla.

- Výpočet jasů – pro třídu M. Musí se vzít v úvahu shodná kritéria jako při výpočtu osvětlenosti. Pouze při úhlu dopadu světla se musíme zaměřit na součinitel jasu. Vypočte se na základě vztahu:

$$r = \frac{L}{E} \cdot \cos^3 \varepsilon$$

kde

$\frac{L}{E}$ je součinitel jasu q [sr^{-1}],

L ... jas [cd/m^2],

E ... osvětlenost [lx],

ε ... úhel dopadu světla [$^\circ$].

- Výpočet fotometrických kritérií – stanovují se podle vypočtených hodnot jasů a osvětlenosti. Jde o speciální fotometrická kritéria, která zpřesňují světelně technické nároky určité třídy osvětlení. Patří zde: činitel osvětlení okolí, podélná rovnoměrnost, prahový přírůstek [60].

5.1.4 ČSN EN 13201-4: Osvětlení – Část 4: Metody měření výkonu při osvětlení.

Stanovuje metody vhodné pro fotometrická měření osvětlovacích systémů. Udává příklady protokolů o měření. Pro určitá měření nám pomáhá zvolit jasoměr a luxmetr. Doporučuje jak tato zařízení správně využívat [58, 60, 64].

5.1.5. ČSN EN 13201-5: Osvětlení – Část 5: Ukazatele energetické náročnosti.

Norma se připravuje. Pomocí ní budeme moci odhadnout energetickou náročnost navrhnuté nebo už provedené soustavy VO [21].

Společně se tady používají dva ukazatele.

- PDI (Power Density Indicator) – ukazatel výkonové hustoty,
- AECI (Annual Energy Consumption) – roční spotřeba elektrické energie [21].

Energetické úspory pro určité VO se stanovují podle typu použitého svítidla a světelného zdroje. Pro co nejvyšší energetickou účinnost osvětlovacích soustav VO je nezbytné komunikace účelně zařadit v souladu s normou ČSN CEN/TR 13201-1 pro určitou intenzitu dopravy (jeden úsek komunikace se zařadí do více tříd osvětlení). Komunikace dosáhne žádané hladiny osvětlení k určité intenzitě provozu. V této normě je uveden i měrný výkon udávající světelnou účinnost určité soustavy VO. Pomocí něho lze srovnávat účinnosti shodného úseku VO, ale provedeného s odlišným typem svítidla [21].

5.1.6 ČSN 736110 Projektování místních komunikací.

Podle této normy mají být místní komunikace osvětleny v zastavěném úseku obce a v místech křížení s jinými komunikacemi. Cyklistické stezky je potřeba plánovat včetně VO. Kvůli rychlosti pohybu cyklistů musí být tyto stezky osvětleny lépe než chodníky pro pěší. Na souběžných stezkách s cestami pro auta jsou cyklisté navíc oslňováni světlomety protijedoucích vozidel [61].

Základní světelně technické požadavky na osvětlení uvádí Tabulka č. 3. Na osvětlení je vhodné použít k tomu určená speciální svítidla, viz kapitola 4.5. Pro dosažení požadovaných hodnot není nutné vystavět zbytečně vysoký počet světelných míst [61].

Tabulka č. 3: Základní světelně technické požadavky na osvětlení cyklistických stezek [61]

	Hodnoty intenzity osvětlení	E min	E min : E max
1.	Cyklistické stezky v bezprostřední blízkosti osvětlených cest	3 lx	1 : 3,3
2.	Cyklistické stezky v blízkosti osvětlené cesty	3 lx	1 : 6,6
3.	Cyklistické stezky min. 8 m od cesty	1,5 lx	1 : 6,6

5.2 Přehled zákonů a vyhlášek

- zákon č. 47/1994 Sb., kterým se mění a doplňuje zákon ČNR č. 2/1969 Sb., o zřízení ministerstev a jiných ústředních orgánů státní správy ČR, ve znění pozdějších předpisů, a zákon č. 174/1968 Sb., o státním odborném dozoru nad bezpečností práce, v platném znění,

- zákon č. 13/1997 Sb., o pozemních komunikacích, v platném znění,
- zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů, v platném znění,
- zákon č. 458/2000 Sb., o podmínkách podnikání a o výkonu státní správy v energetických odvětvích a o změně některých zákonů (energetický zákon), v platném znění,
- zákon č. 185/2001 Sb., o odpadech a o změně některých dalších zákonů, v platném znění,
- zákon č. 251/2005 Sb., o inspekci práce, v platném znění,
- zákon č. 338/2005 Sb., úplné znění zákona č. 174/1968 Sb., o státním odborném dozoru nad bezpečností práce, v platném znění,
- zákon č. 183/2006 Sb., o územním plánování a stavebním řádu (stavební zákon), v platném znění,
- zákon č. 201/2012 Sb., o ochraně ovzduší, v platném znění,
- nařízení vlády č. 163/2002 Sb., kterým se stanoví technické požadavky na vybrané stavební výrobky, v platném znění,
- nařízení vlády č. 362/2005 Sb., o bližších požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při práci na pracovištích s nebezpečím pádu z výšky nebo do hloubky, v platném znění,
- nařízení vlády č. 117/2016 Sb., o posuzování shody výrobků z hlediska elektromagnetické kompatibility při jejich dodávání na trh, v platném znění,
- nařízení vlády č. 118/2016 Sb., o posuzování shody elektrických zařízení určených pro používání v určitých mezích napětí při jejich dodávání na trh, v platném znění,
- vyhláška č. 104/1997 Sb., Ministerstva dopravy a spojů, kterou se provádí zákon o pozemních komunikacích, v platném znění,
- vyhláška č. 383/2001 Sb., Ministerstva ŽP o podrobnostech nakládání s odpady, v platném znění,

Bc. Jana Wlosoková: Minimalizace emisí světelného toku vyzařovaného do horního poloprostoru využitím moderních svítidel na ulici Hálkova, F-M

- vyhláška č. 237/2002 Sb., Ministerstva ŽP o podrobnostech způsobu provedení zpětného odběru některých výrobků, v platném znění,
- vyhláška č. 93/2016 Sb., o Katalogu odpadů, v platném znění [1, 51].

Další důležité zákony

- zákon č. 289/1995 Sb., o lesích a o změně některých zákonů (lesní zákon), v platném znění,
- zákon č. 266/1994 Sb., o dráhách, v platném znění,
- zákon č. 254/2001 Sb., o vodách (vodní zákon), v platném znění,
- zákon č. 334/1992 Sb., ČNR o ochraně zemědělského půdního fondu, v platném znění [1, 51].

6 VLIV SVĚTLA NA ČLOVĚKA

Světlo je nezbytné pro všechny živé organismy. Je hlavním předpokladem pro život buněk. Působí na fyziologické procesy probíhající uvnitř organismu. Správně zvolené zbarvení světla, ve správnou dobu, zmírňuje zatížení organismu a posiluje imunitu [59].

6.1 Zraková pohoda

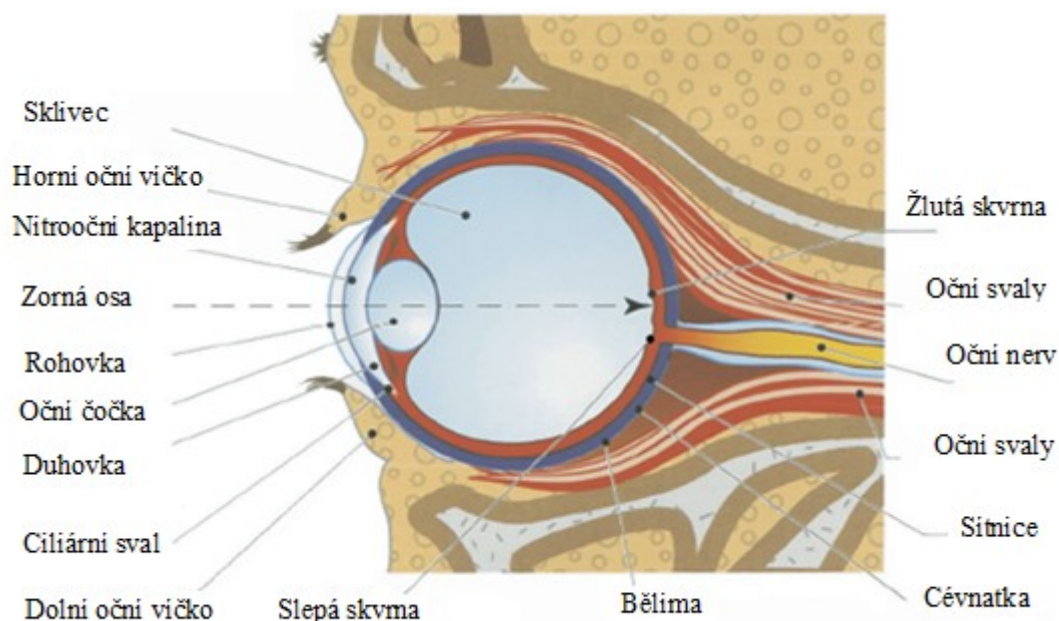
Je důležité pro jakoukoliv činnost vytvořit vyhovující prostředí, světelné mikroklima. Vytváří se prostorovými útvary, typem a umístěním svítidel, typem světelných zdrojů, intenzitou osvětlení, rozložením jasů v prostředí, vybavením prostoru, barevným a plastickým podáním veškerých objektů a lidí v prostředí. Zraková pohoda je příjemná situace, při které jsou lidé psychicky vyrovnaní, dobře vidí, vnímají a pozorují své okolí. Zraková nepohoda snižuje zrakový výkon a dochází ke zrakové únavě. Nastává zhoršení stavu a nálad lidí. Snižuje se jejich výkonnost [26].

Oko (Obrázek č. 30.)

- **Optický systém:** patří sem rohovka, přední komora obsahující nitrooční kapalinu, duhovka se zorničkou, čočka a sklivec. Na sítnici tvoří převrácenou a zmenšenou podobu vnějšího okolí [57].
- **Nervový systém:** patří sem nervové zásobení a sítnice (jemná a průhledná blána), která je tvořena z jedenácti vrstev. Sítnice obsahuje fotoreceptory a spoustu nervových buněk (včetně gangliových). Fotoreceptory zachycují časové, prostorové, barevné a jasové rozdíly, které předávají sítnici. Tyto obrazové informace zpracuje, roztrídí, vybere prospěšné a přenesení je přes vlákna očního nervu až do mozkového centra [57].

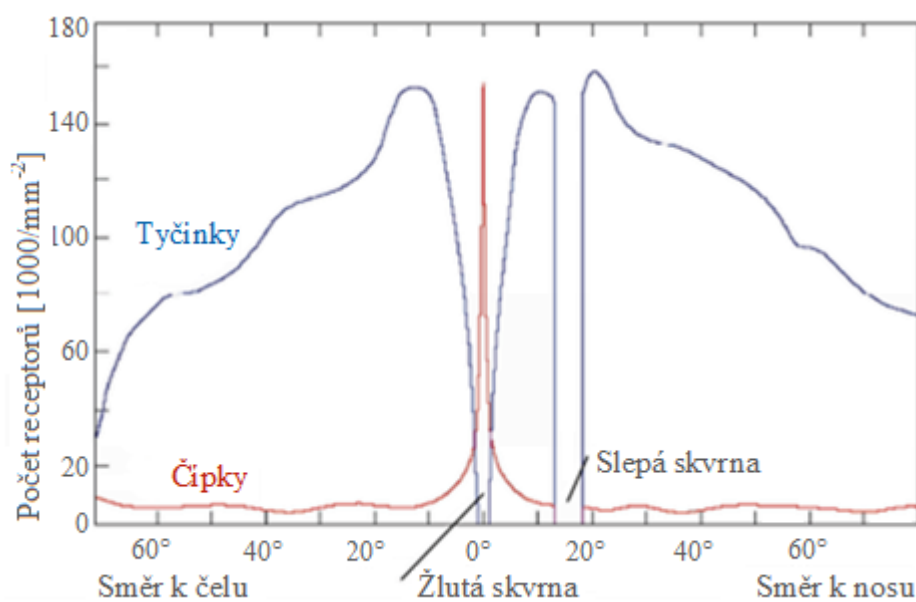
Fotoreceptory

- **Čípky:** z velké části se prosazují při denním fotopickém vidění.
- **Tyčinky:** z velké části se prosazují při nočním skotopickém vidění.
- **Cirkadiánní čidla:** jsou tvořena gangliovými buňkami. Ovládají biologické pochody, které se rovnoměrně mění zhruba v 24 hodinovém cirkadiánním cyklu [57].



Obrázek č. 30: Zrakový orgán [57]

Sítnice obsahuje zhruba 6,5 milionů čípků a 125 milionů tyčinek, které jsou hustěji situované na jejím okraji. Největší rozlišovací možnosti má centrální jamka. Je na pozici přímého pozorování a z fotoreceptorů má jenom čípky (Obrázek č. 31). Oko dokáže rozpoznat maličkosti v tisícinách milimetrů [57].



Obrázek č. 31: Hustota a umístění fotoreceptorů na sítnici [57]

Přibližně 80 % zpráv o našem okolí vstupuje očima. Jsou to obrazové a jiné informace, které se získávají pomocí sítnice v oku, na kterou dopadá světlo. Lidské oko obsahuje i citlivé buňky - fytoceptory ipRGCs (intrinsically photosensitive Retinal Ganglion Cells). Do mozku předávají nevizuální (neobrazové) zprávy o výskytu nebo nepřítomnosti světla. Prostřednictvím tohoto vnímání uvádějí v časový soulad vnitřní biologické hodiny s vnějším okolím - střídání dne a noci. Periodickými procesy probíhajícími v organismu se zabývá chronobiologie [23].

6.2 Teplota chromatičnosti

Vyjadřuje spektrální složení světla, tedy jeho barvu. Uvádí se v kelvinech (K). Pokud teplota objektu naroste, modrá barva spektra zesílí a červená oslabí. Teplotu chromatičnosti zobrazuje Obrázek č. 32. Obyčejná žárovka má 2 800 K, což je teplota vlákna. Nejedná se o skutečnou teplotu [18].



Obrázek č. 32: Barevná teplota [31]

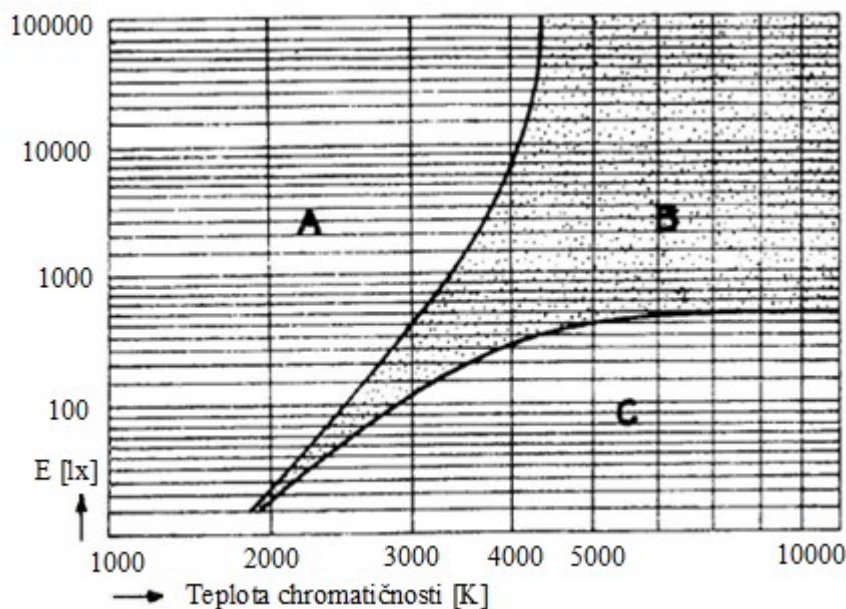
Pro zářivku se určuje náhradní teplota chromatičnosti. Její zabarvení odpovídá použitému luminoforu (bílá látka na vnitřní straně trubice). Zásluhou toho jde vytvořit zářivku s jakoukoliv teplotou chromatičnosti světla. Z hlediska barevné vyrovnanosti se zářivky testují [18].

Rozeznávají se tři základní barvy světla, které se liší teplotou chromatičnosti:

- teple bílá < 3 300 K,
- bílá 3 300 až 5 000 K,
- studeně bílá > 5 000 K [60].

6.3 Vnímání barvy

Správnou intenzitu osvětlení a zabarvení světla určuje Kruithofův diagram (Obrázek č. 33). Vyjadřuje spojitost chromatičnosti K k síle osvětlení E [16].



Obrázek č. 33: Kruithofův diagram [16]

Diagram je rozčleněn do tří zón:

- zóna A: dojem oslnění, barvy jsou zkreslené,
- zóna B: příjemné osvětlení, barvy nejsou zkreslené,
- zóna C: neuspokojivé osvětlení [16].

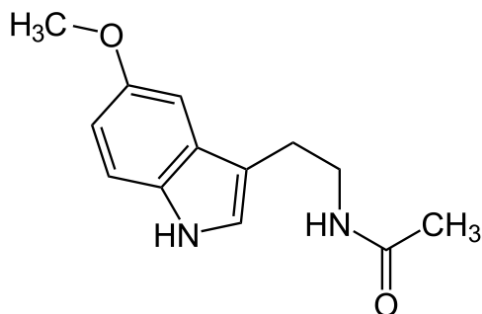
6.4 Vliv světla na biorytmy

Člověk a jiné organismy se v průběhu evoluce přizpůsobili střídání dne a noci (světla a tmy). Fyziologické funkce se tomuto biologickému rytmu přizpůsobily. Trvá jeden den a říká se mu cirkadiánní rytmus (vnitřní hodiny člověka) [24, 36].

Vznikl rovnoměrným střídáním světla a tmy v důsledku rotace Země kolem Slunce. Ve dne představuje aktivní fázi, v noci klidovou. Podle tohoto rytmu se řídí tělesná teplota, krevní tlak, látkový metabolismus, tep, příprava organismu k práci nebo k odpočinku, imunitní systém a jiné funkce [57].

Dochází k ovlivňování spánku a bdění. Mění se hladina hormonů, činnost trávení a vylučování. Tento rytmus mezi jednotlivci se může odlišovat (mezi 23,6 až 25,1 hod.). Jednotlivci s delším nebo kratším cyklem než 24 hod. si své vnitřní hodiny musí upravovat prostřednictvím světla, které vnímají z blízkého okolí [47, 67].

Ve tmě se začíná tvořit spánkový hormon melatonin (Obrázek č. 34). Při svítání jeho tvorba klesá. Jeho hromadění se snižuje u lidí, kteří v noci pracují nebo studují. U těchto jednotlivců může docházet k výskytu nádorových onemocnění. Melatonin u některých druhů savců vyvolává i sezónní roční cykly. Dochází k ovlivňování jejich reprodukce. Melatonin snižuje průběh stárnutí a působí proti Alzheimerově nebo Parkinsonově nemoci [36, 42].

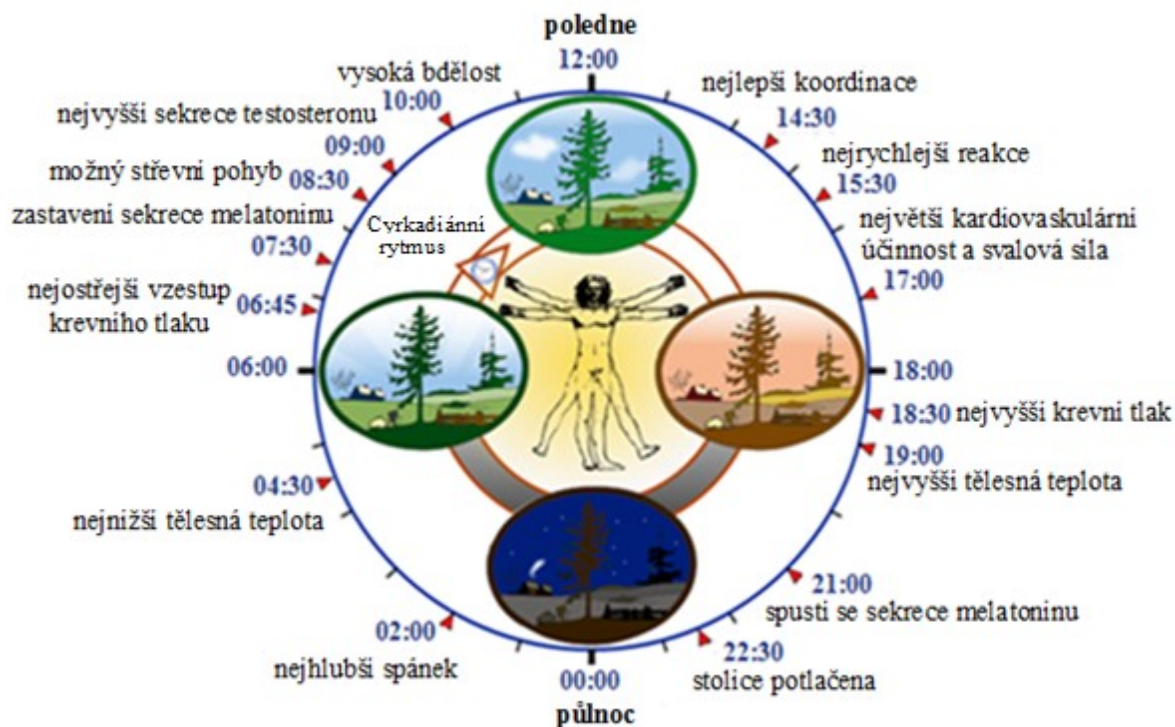


Obrázek č. 34: Hormon melatonin [32]

Melatonin je nejdůležitějším hormonem, který řídí cirkadiánní rytmus. Má pozitivní účinky. Je to velice mocný antioxidant, který omezuje zánět a působí proti rakovině. Zlepšuje imunitu a navozuje kvalitnější spánek. Je ovlivňován úrovní světla. Průběh cirkadiánního rytmu zobrazuje Obrázek č. 35. Nejvhodnější je pobývat na světle ráno a během dne. Večer, především před spánkem, je žádoucí se mu vyhýbat [32].

Narušování cirkadiánního rytmu dochází:

- nočními směnami,
- pracováním nebo studiem v noci,
- v zimě, kdy je den kratší a noc delší,
- v oblastech s vyšší zeměpisnou šířkou,
- v hustě zastavěné části města, kde je denní světlo redukováno,
- při celodenním pobytu v místnosti, která je neuspokojivě osvětlena [38].



Obrázek č. 35: Cyrkadiánni rytmus [32]

Aktivita u člověka:

- 6. hod. – aktivita organismu velmi roste,
- 10. až 12. hod. – nejvyšší aktivita,
- 13. hod. – aktivita začíná klesat,
- 14. hod. – nejnižší aktivita, která pak začíná narůstat,
- 15. až 18. hod. – odpolední maximální aktivita,
- 19. hod. – aktivita začíná klesat,
- 19. až 22. hod. – organismus se připravuje ke spánku [27].

Ve Švýcarsku byl proveden výzkum mezi dvěma skupinami lidí. První skupina (ranní typ – RT) chodila spát brzy večer a vstávala v časných ranních hodinách, druhá skupina (noční typ – NT) chodila spát pozdě večer a probouzela se později. Obě skupiny byly vystaveny dostupnému dennímu světlu při stejné činnosti a měly nařízeno spát 8 hodin denně. Barevná teplota a rozložení světla u obou skupin byly rozdílné. RT obdržel více světla v ranních hodinách, zatímco NT v pozdních odpoledních

hodinách. Protože RT spal více ve tmě, měl vyšší koncentraci melatoninu než NT. Zjistilo se i, že se ho u žen tvoří více než u mužů. Důvody, proč tomu tak je, nejsou zatím známy. Pravděpodobně to může být hormonální antikoncepcí nebo menstruací [13, 48].

Melatonin se začne zvyšovat po setmění nebo po zhasnutí světla (cca po 21. hod.). Nejvíce ho je mezi půlnoci až třetí hodinou ranní. Pak dochází k jeho poklesu až na minimum. Pokud v noci procitneme a přinejmenším na půl hodiny rozsvítíme, značně se sníží produkce melatoninu. Následkem toho dochází k obtížnému usínání [12].

Světlo ve večerních a nočních hodinách snižuje produkci melatoninu. Stačí i v noci na chvíli rozsvítit a už dochází k ovlivňování hormonu. Proto by se měly noční směny redukovat. Měsíční světlo není až tak intenzivní, aby narušovalo tvorbu melatoninu. Předpokladem jeho produkce není spánek, ale tma [25, 36].

Nejčastější poruchy biorytmů:

- nespavost nebo přílišná spavost,
- pásmová nemoc – z leteckého přemísťování přes časová pásma,
- změna letního času na zimní a naopak,
- porucha imunitního systému – změny příznaků chorob v průběhu dne,
- změny nálad,
- obezita,
- výkyvy krevního tlaku [12].

Podle laboratorního výzkumu lidé v nočních hodinách reagují již na nízké hodnoty - okolo 50 až 100 lx. Vyšší intenzita světla je obtěžuje. V průběhu dne narůstající intenzita světla na ně působí kladně, což má vliv na jejich psychiku. Vyšší intenzita světla se používá k léčení různého psychologického poškození [68].

Příkladem narušování nočního spánku člověka bylo osvětlení skleníků poblíž města Bogatynia v Polsku. Toto záření bylo tak velké, že obtěžovalo také občany v Liberci. Aby nebyla narušena česko-polská spolupráce, byly nakonec na skleníky namontovány speciální rolety. Světelné znečištění se výrazně omezilo, což mělo pozitivní dopad na spánek lidí a na místní zvířectvo, především ptáky [39].

Na produkci hormonu má vliv i barevné spektrum světla. Více tlumí studené barvy (modrá, zelená) než teplé (žlutá, červená). Noční umělé osvětlení, především z nákupních a průmyslových zón, fotbalových hřišť a billboardů, dává buňkám chybné informace o situaci biologických hodin. Tím dochází ke změnám fyziologických aktivit. To bylo prokázáno pokusy, při kterých se svítilo lidem do očí. Vliv městského osvětlení na úbytek melatoninu nebyl ověřen [36, 46].

7 ROZBOR SOUČASNÉHO STAVU VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ VE FRÝDKU – MÍSTKU

Společnost TS a.s. je správcem VO ve městě F-M. Obrázek č. 36 znázorňuje oblasti náležící do této správy. Tato společnost nechala vypracovat Generel VO města F-M, který je významným podkladem pro provozování, rekonstrukce a výstavbu nových soustav VO. Jeho nejdůležitější částí je světelně technická část. Stávající a nově plánované komunikace třídí do příslušných stupňů osvětlení. Tím stanovuje nároky na jejich osvětlení dle doporučených nebo nařízených hodnot norem a metodických pokynů [66].

Společnost TS a.s. svým odpovědným postojem k soustavě VO postavila ve městě jeden z nejchopodárnějších systémů v celé ČR. V posledních letech je průměrný příkon na jeden světelný bod cca 106 W. V porovnání s rokem 1981, kdy byl příkon 185 W, je vidět jednoznačná úspora 79 W [43].

VO je důležité pro ochranu zdraví a veřejného pořádku. Je nutné se o něj starat, ekonomicky ho provozovat a udržovat jeho technický stav pravidelnou obnovou [66].



Obrázek č. 36: Mapa území města Frýdek-Místek [14, upraveno Wlosoková, 2017]

7.1 Environmentální zóny

Mezinárodní komise pro osvětlování v kooperaci s Mezinárodní astronomickou unií (IAU - International astronomical union) a Mezinárodní společností pro temné nebe (International dark-sky association) vytvořila směrnici pro minimalizaci záře oblohy CIE 126-1997 (Guidelines for minimizing sky glow) [34].

Je to technická zpráva, která se zabývá aspekty jasu oblohy vyvolaného osvětlovacími soustavami. Obsahuje mezní hodnoty podílu světelného toku svítidel do horního poloprostoru pro jednotlivé třídy zón prostředí, které jsou pro astronomická pozorování nezbytné. Jednotlivé zóny E1 až E4 uvádí Tabulka č. 4 [34].

Tabulka č. 4: Max. povolený podíl světelného toku svítidel vyzařovaného do horního poloprostoru [34]

Zóna	Podíl světelného toku svítidel do horního poloprostoru (%)
E1	0
E2	≤ 5
E3	≤ 15
E4	≤ 25

E1 – velice tmavé oblasti (národní parky, chráněná území),

E2 – oblasti s nízkými jasy (venkovské a průmyslové oblasti),

E3 – oblasti se středně nízkými jasy (městská obydlí),

E4 – oblasti s vysokými jasy (městská centra a obchodní zóny) [34].

Světelné znečištění ve specifické zóně nezávisí jen na množství znečišťujícího světelného toku vytvořeného ve vlastní zóně, ale i na sousedních zónách. Z tohoto důvodu jsou navrženy vzdálenosti hranic sousedních zón od referenčního bodu, viz Tabulka č. 5 [34].

Referenční bod – malá oblast, která má vliv na jas noční oblohy, nebo na ni může působit rušivé světlo [55].

Pokud referenční bod bude v zóně E1, hranice zón E1 - E2 by měla být vzdálena nejméně 1 km, hranice zón E2 - E3 nejméně 10 km a hranice zón E3 - E4 nejméně 100 km. Uvedená data byla opatřena z praktických zkušeností a shodují se s přijatelnou úrovní záře oblohy. Aby se dosáhlo příznivých pozorovacích podmínek, měly by se uvedené vzdálenosti zdvojnásobit [34].

Tabulka č. 5: Minimální vzdálenosti od referenčního bodu k hranici zóny [34]

Zóna s referenčním bodem	Minimální vzdálenost hranic sousedních zón (Ex-Ey) od referenčního bodu v km		
	E1-E2	E2-E3	E3-E4
E1	1	10	100
E2	-	1	10
E3	-	-	1
E4	Žádný limit		

Osvětlovací svítidla používaná k osvětlení ulic, velkých náměstí, parkovišť, průmyslových závodů, železnic, sportovních areálů a jiných území musí mít pro daný terén taková naklonění, aby nevyzařovala více než 0 cd na 1 000 lm:

- do směru 90° od terénu a dále,
- do směru vodorovných a výše [34].

7.1.1 Zatřídění města Frýdek-Místek do environmentálních zón

K začlenění do environmentálních zón jednotlivých částí města došlo individuálně. Třídění zvolených oblastí se uskutečnilo podle určeného referenčního bodu, jeho vzdálenosti a druhu zástavby. Nejvhodnějšími kandidáty se nabízí hvězdárny, pozorovací stanice, chráněné krajinné oblasti a národní parky (Obrázek č. 41) [55].

Pro zatřídění města F-M byla vybrána hvězdárna a planetárium Johanna Palisy, která je součástí VŠB – TUO v Ostravě Porubě. Planetárium tohoto typu se nenachází na žádné jiné univerzitě [55].

Hvězdárna (Obrázek č. 37) má dvě zrenovované kopule s moderními astronomickými dalekohledy. Obě kopule planetária by měly být zpřístupněné veřejnosti k pozorování hvězdného nebe. V době pěkného počasí lze využít i venkovní amfiteátr [11].



Obrázek č. 37: Hvězdárna a planetárium Johanna Palisy [37, upraveno Wlosoková, 2016]

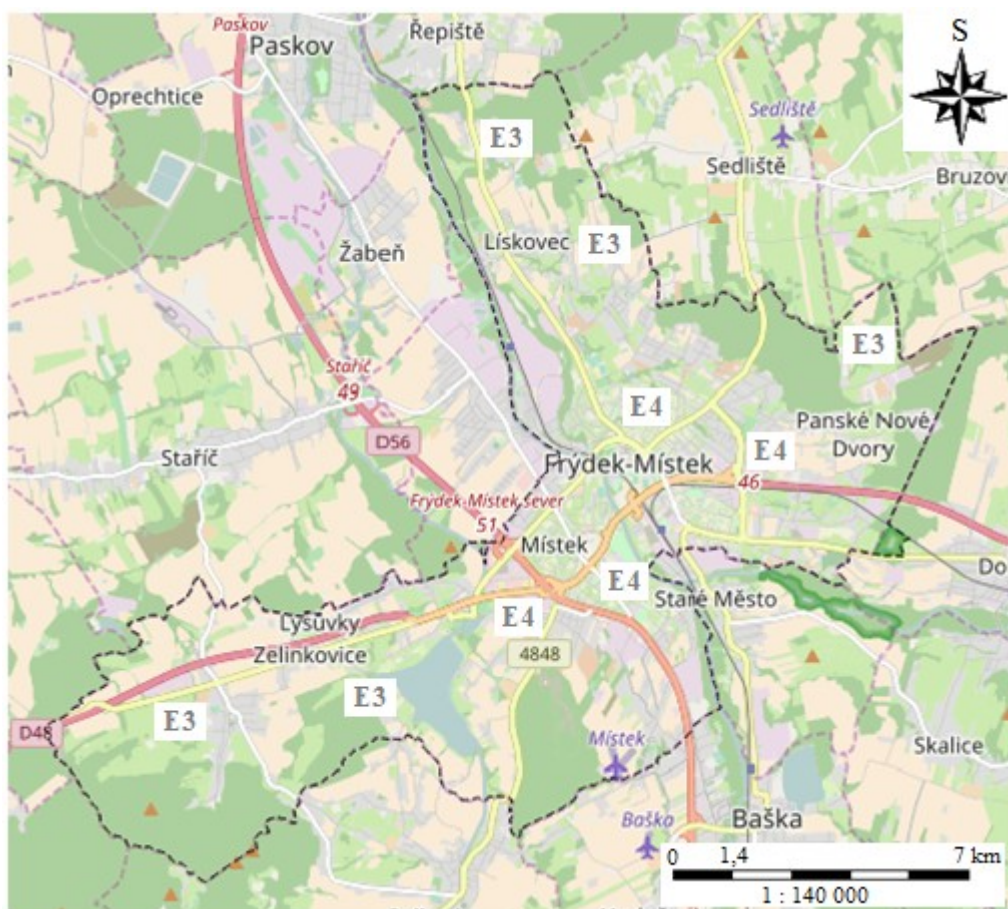
V dnešní době se zařizování do environmentálních zón neuskutečňuje. Jde o poměrně novou problematiku. V ČR není žádná prováděcí vyhláška, která by takového zařazení upravovala. Z těchto příčin nejde jasně určit, v jaké environmentální zóně se dané území nachází. V rozsáhlejších zkoumaných oblastech se mohou nacházet různé zóny blízko sebe. Environmentální zóny by neměly mezi sebou přecházet víc než o jeden stupeň. Hranice mezi zónami by tedy měly být postupné, ne skokové. Tabulka č. 6 uvádí typy environmentálních zón, podle kterých by se oblasti měly zařizovat [55].

Tabulka č. 6: Typické oblasti existujících environmentálních zón [55]

zóna E1 (přírodní) pozorovací stanice nezastavěná část vesnic národní park, chráněné krajinné území s okolím 1 km	zóna E2 (venkovská) rozvodná stanice zastavěné plochy vesnic s okolím 1 km nezastavěná část měst
zóna E3 (předměstská) zastavěná část města s okolím 1 km	zóna E4 (městská) centrum města – poloměr zóny minimálně 1 km průmyslová a nákupní oblast – poloměr zóny minimálně 1 km

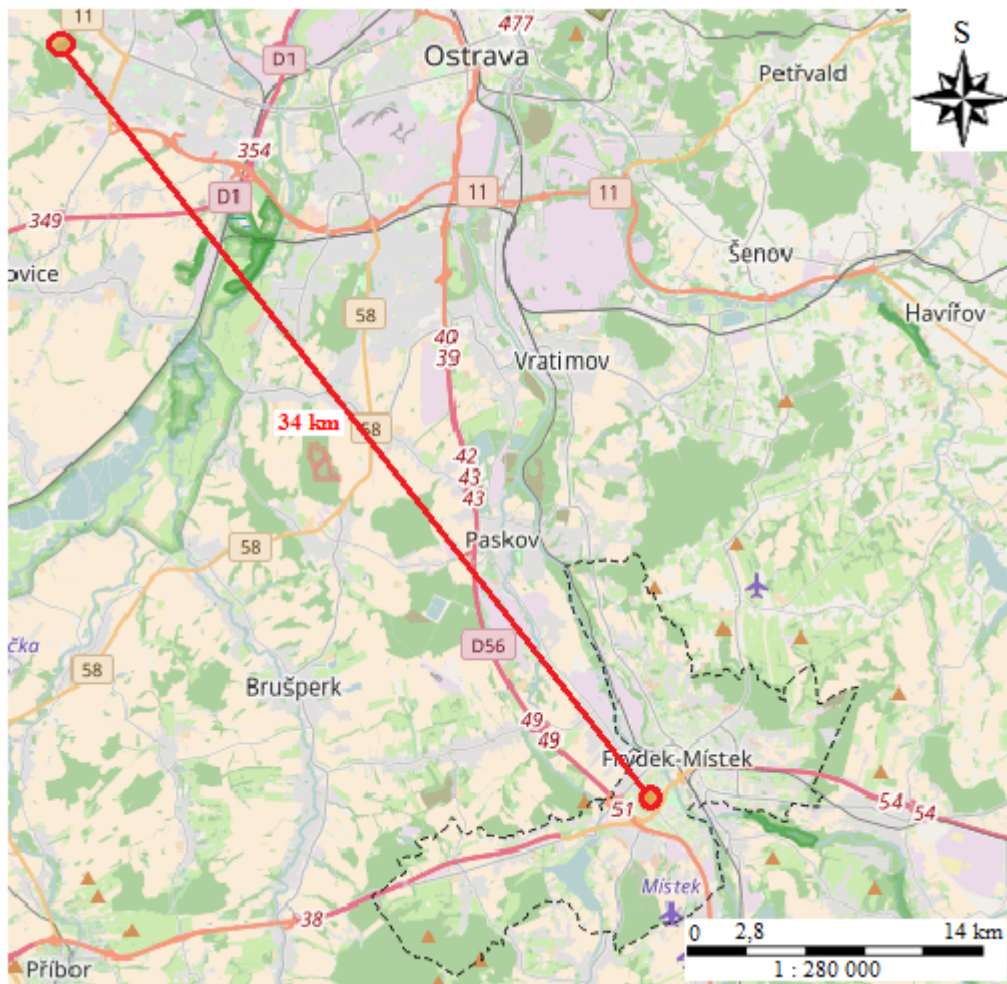
Větší požadavky se kladou na snížení nežádoucích vlivů působících na životní prostředí (ŽP). Je navržena metodika, která je velkým přínosem pro zařďování do environmentálních zón na základě vzdáleností charakteristických oblastí v okolí zkoumané oblasti. Může být nápomocná projektantům venkovních osvětlovacích soustav k odhadnutí rušivých vlivů osvětlovacích soustav, ať už nově projektovaných, či stávajících, určených k rekonstrukci. Snížení přímo vyzářeného světelného toku do horního poloprostoru musí respektovat [55].

Město F-M spadá převážně do zóny E4 (Obrázek č. 38). Okrajové části města, Panské Nové Dvory, Lískovec, Chlebovice, Lysůvky, Zelinkovice a jiné menší obce náleží do zóny E3. Do zóny E2 spadají některé okrajové části obcí a vzdálené venkovské oblasti, např. hukvaldský kopec nebo Visalaje. Zóna E1 je vyhrazena, jak již bylo výše napsáno, pouze Národním parkům a CHKO.



Obrázek č. 38: Environmentální zóny F-M [14, upraveno Wlosoková, 2017]

Vzdálenost mezi městem F-M a hvězdárnou Johanna Palisy v Ostravě Porubě zobrazuje Obrázek č. 39. Referenční body jsou zakresleny v mapovém programu GIS. Délka mezi sledovanými místy je cca 34 km.



Obrázek č. 39: vzdálenost hvězdárny Johanna Palisy a F-M [14, upraveno Wlosoková, 2017]

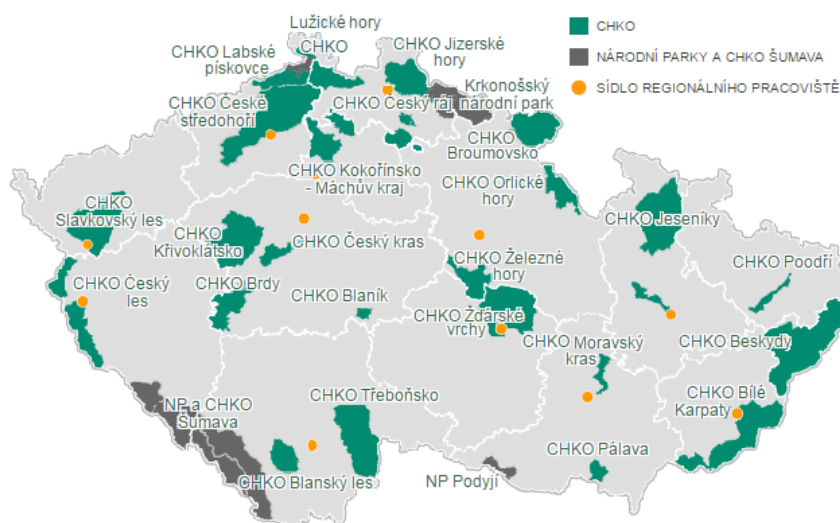
Obrázek č. 40 ukazuje vyznačenou vzdálenost CHKO Poodří (regionální pracoviště Studénka) a CHKO Beskydy (regionální pracoviště Rožnov pod Radhoštěm) k městu F-M. Vzdálenost referenčních bodů je změřena od středu města k regionálním pracovištím v mapovém programu GIS. Vzdálenost k nejbližší přírodní rezervaci je cca 19 km.



Obrázek č. 40: Vzdálenost zvolených CHKO k městu F-M [14, upraveno Wlosoková, 2017]

CHKO Poodří se vyskytuje v Moravskoslezském kraji v severovýchodní části Moravské brány, obklopena obcí Vražné poblíž Oder a jižní oblastí města Ostravy (Obrázek č. 41). Její celková plocha je 81,5 km². Území vytváří zachovalá údolní niva řeky Odry s rozmanitým mikoreliéfem. Nachází se zde vodní systém s pravidelným zaplavováním rozlehlých úseků. Důležitý je meandrující tok Odry, který má mnoho odstavených ramen a tůní, spoustu víceletých travních porostů, lužní lesy a rozsáhlé rybniční systémy [5].

CHKO Beskydy jsou významné pro neobyčejné přírodní hodnoty. Vyskytují se tam zbytky původních pralesovitých lesů a mnoho mimořádných karpatských živočichů a rostlin. Významné jsou rovněž druhově pestré louky a pastviny, mimořádná estetická kvalita a unikátní povrchové i podzemní pseudokrasové jevy. Mapu CHKO Beskydy zobrazuje Obrázek č. 43 v Příloze č. 3 [4].



Obrázek č. 41: Mapa chráněných oblastí a národních parků [6]

7.2 Spotřeba elektrické energie

Při spotřebě elektrické energie záleží na příkonu spotřebiče a délce jeho zapojení. Měří se elektroměrem. Veřejné osvětlení je poměrně velkým odběratelem elektrické energie. Je tedy prospěšné vědět všechny podrobnosti ohledně jeho odběru. Pak lze předpovídat spotřebu elektrické energie i finanční náklady s ní spojené [65, 69].

Podle příkonu jednotlivých svítidel se dá vypočítat jejich spotřeba. Tabulka č. 7 uvádí původní svítidla, která se nacházela na sledované cyklostezce. Celkový příkon měla 800 W a obsahovala 32 zdrojů. Dnes jsou již nahrazena novými svítidly (Tabulka č. 8). Jejich příkon se snížil na 496 W a obsahují 16 zdrojů.

Tabulka č. 7: Příkon a počet zdrojů původních svítidel

počet svítidel (ks)	typ svítidla	zdroj (W)	příkon (W)	ulice	počet zdrojů (ks)
16	Bergers 2x23 W	Z23	16 x 50	Hálkova	2 x 16

Tabulka č. 8: Příkon a počet zdrojů nových svítidel

počet svítidel (ks)	typ svítidla	zdroj (W)	příkon (W)	ulice	počet zdrojů (ks)
16	Jiskra LED Alfa 2x23 W	24	16 x 31	Hálkova	1 x 16

Spínání a vypínání VO se registruje na dispečinku VO společnosti TS a.s., která se nachází ve městě F-M. Slouží tam nepřetržitá služba (24 hod.), která to vše monitoruje. Sledovaným světelným místem je ulice Hálkova, na které se nachází cyklistická stezka.

Tabulka č. 9 zaznamenává délku svítivosti VO za rok 2016, Tabulka č. 10 za první čtvrtletí roku 2017. Zahrnují dva světelné zdroje. Jeden zdroj svítí po celou noc, druhý se od 22.30 hod. do 04.00 hod. vypíná. Za rok 2016 byla nejmenší svítivost zaznamenána v červnu.

Tabulka č. 9: Měsíční průběh svícení cyklostezky za rok 2016

Měsíc	Celonoční svícení (hodin)	Svícení s omezením (hodin)
Leden	456,17	278,62
Únor	385,72	223,42
Březen	358,47	184,50
Duben	286,62	117,80
Květen	242,48	70,68
Červen	219,41	34,90
Červenec	227,02	51,22
Srpen	273,08	97,07
Září	318,53	149,07
Říjen	390,21	214,17
Listopad	426,07	255,23
Prosinec	463,70	286,37
Celkem	4047,48	1963,05

Tabulka č. 10: Měsíční průběh svícení cyklostezky za první čtvrtletí roku 2017

Měsíc	Celonoční svícení (hodin)	Svícení s omezením (hodin)
Leden	458,42	269,19
Únor	381,51	209,14
Březen	361,52	182,37
Celkem	1201,45	660,70

U původních svítidel byla vypočtena spotřeba elektrické energie za celý rok 2016. Tyto výsledky uvádí Tabulka č. 11. Spotřebu nových svítidel zaznamenává Tabulka č. 12, ale pouze za první čtvrtletí roku 2017. Veškeré tyto hodnoty zobrazuje Graf č. 1.

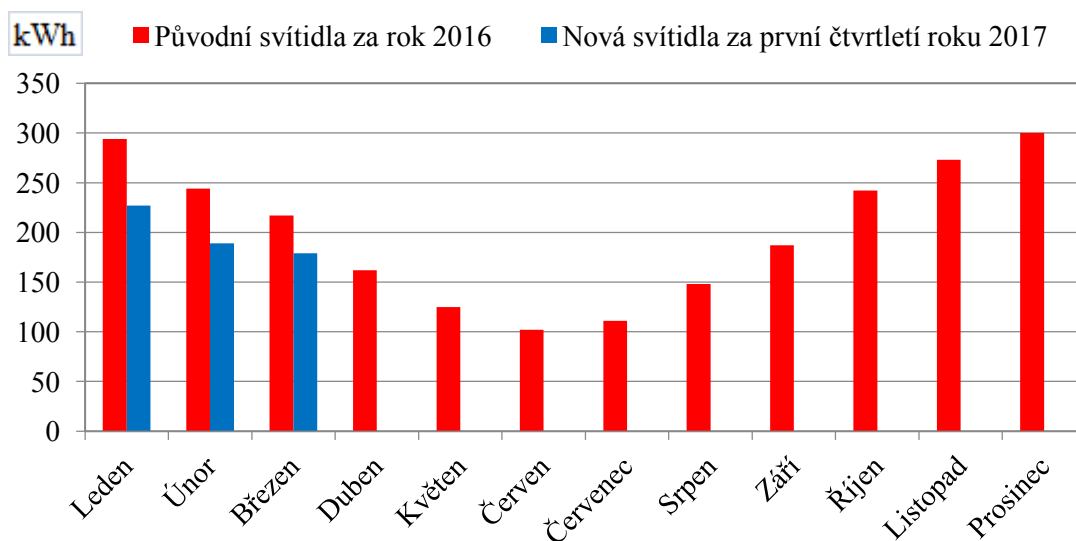
Tabulka č. 11: Měsíční spotřeba el. energie původních svítidel za rok 2016

Měsíc	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	Celkem
Spotřeba (kWh)	294	244	217	162	125	102	111	148	187	242	273	300	2405

Tabulka č. 12: Spotřeba el. energie nových svítidel za 1. čtvrtletí 2017

Měsíc	1.	2.	3.	Celkem
Spotřeba (kWh)	227	189	179	595

Spotřeba energie v kWh



Graf č. 1: Spotřeba energie v kWh

7.3 Emise CO₂

Po ekologické stránce je nutné osvětlovací soustavy posuzovat i podle produkce CO₂ na základě jejich spotřebované elektrické energie. Navíc při spalování paliv v elektrárnách dochází k tvorbě karcinogenů. Z jeho množství lze vyvodit rozsah škodlivých důsledků osvětlovacích soustav na ŽP. Svítidla plně cloněná jsou z pohledu rušivého světla k obloze ohleduplnější, ale energie a provozní náklady tím začnou narůstat a zvýší se tvorba CO₂. Může nastat situace, kdy i svítidlo nevyzařující do horního poloprostoru tam může vyzařovat. Stává se to při odražení světla od povrchu směrem k obloze [55].

LED diody mají menší spotřebu elektrické energie, odolávají více klimatickému působení a mají mnohem delší životnost a účinnost. To znamená, že redukují nejen světelné znečištění, ale také emise CO₂ [22].

V souladu se světelnými podmínkami lze osvětlení ztlumit a měnit barevnou teplotu prostřednictvím bílých a žlutých diod. Jejich údržba a provoz je díky dlouhé životnosti levnější. Diody Osram po skončení své životnosti neobsahují rtuť ani olovo, tudíž se mohou bez potíží likvidovat [22].

Ve veřejném osvětlení se LED diody čím dál více používají. Jejich provoz vyžaduje stejnosměrné napětí pod 10 V. Nezbytnou energii lze využívat ze solárních článků, aniž by se použil měnič střídavého napětí 230 V. Jedná se o jednoduché osvětlení, které by se mělo více využívat po celé Zemi [22].

Produkci Emisí CO₂ na obyvatele mezi jednotlivými státy porovnává Obrázek č. 44 v Příloze č. 3 [15].

8 MĚŘENÍ A VYHODNOCENÍ VYBRANÉ OSVĚTLOVACÍ SOUSTAVY

Měření osvětlenosti je fotometrickou úlohou, při které se měří rozložení hladiny osvětlenosti. Lze testovat osvětlovací soustavy, jestli zachovávají zásadní nároky na úroveň a rovnoměrnost hladiny osvětlenosti. Používají se objektivní zařízení – luxmetry [26].

Luxmetr obsahuje:

- přijímač s fotoelektrickým článkem, který má kosinusový nástavec,
- měřicí a vyhodnocovací systém s digitálním či analogovým indikátorem [26].

Obvykle se luxmetry zahrnují do čtyř tříd přesnosti značené čísly 1, 2, 3, 4, popřípadě písmeny L, A, B, C. Těmto třídám odpovídají maximální povolené celkové chyby f_c luxmetrů 2, 5, 10 a 20 %. Při sledovanosti přesnosti luxmetrů se kontroluje jedenáct typů chyb (f_1 až f_{11}). Chyby f_6 až f_{11} se odhalují výhradně při typové zkoušce přístroje [26].

Celkové nároky na luxmetry udává Tabulka č. 27 v Příloze č. 2. Jde o souhrnné povolené chyby luxmetrů použitelných pro měření ve spojení s očekávanou rozšířenou nejistotou výsledků měření a nejdelší dobou platností kalibrace přístrojů [26].

Využití luxmetrů v třídě přesnosti

- 1 a 2 – jako sekundární etalony a pro spolehlivá laboratorní měření,
- 3 – pro obvyklá provozní měření osvětlenosti,
- 4 – jen pro některá měření, pokud se nezvýší nejistota měření [26].

Osvětlení venkovních ploch se měří za suchého počasí. Nesmí být sníh a mělo by být čisté ovzduší. Komunikace se rozdělí v pravidelné síti na kontrolní úseky. Měří se ve výšce do 20 cm nad povrchem vozovky. Fotočlánek se musí umístit do vodorovné polohy pomocí křížového kloubu. Kontrolní úseky se volí tak, aby byla celá plocha osvětlovací soustavy pokryta. Jedná-li se o směrově rozčleněnou komunikaci, lze měřit osvětlenost pouze na jedné straně [26].

Nezbytné pro osvětlování z hlediska lidských požadavků:

- zraková pohoda – pracovníci se cítí příjemně, mají vyšší tvořivou činnost,
- zrakový výkon – pracovníci mají možnost provozovat zrakové úkoly i při těžkých podmínkách a to i dlouhodobě,
- bezpečnost [10].

8.1 Svítidla určená pro výběrové řízení

Z mnoha svítidel pro osvětlování cyklostezek, popsanych v kapitole 4.5, byla vybrána nejvhodnější svítidla (Tabulka č. 13). Z tohoto užšího výběru bylo vedoucím provozu VO provedeno výběrové řízení. Jako nejlepší svítidlo bylo vybráno svítidlo Civiteq od společnosti Thorn Lighting. Z důvodu finanční náročnosti bylo zvoleno levnější svítidlo Voltanu od společnosti Artechnic-Schröder. Bohužel v době plánované výměny nebyla svítidla na skladě dodavatele. Po zjištění, že jejich výroba bude trvat minimálně 2 až 3 měsíce, vedoucí provozu VO vybral jiné svítidlo. Konečným vítězem se stala Jiskra LED Alfa od společnosti Elstav lighting (Tabulka č. 14).

Tabulka č. 13: Vybraná svítidla

dodavatel	název svítidla	příkon (W)	osvětlenost (lx)		měrný výkon (lm/W)	celkový světelný tok (lm)
			průměr	min		
Artechnic-Schröder	Voltana	15	6,4	1	95,79	1706,4
Elektro - Lumen	DWS	25	8,3	2,3	96,63	3240
	Puro	18	8,3	1	94,44	1700
Philips	Luma Mikro	16	9,3	2	125,13	2200
	UniStreet	15	8,1	1,8	117,33	2000
Thorn	Civiteq	15	7,1	1,3	111,33	1670

Tabulka č. 14: Vybrané svítidlo

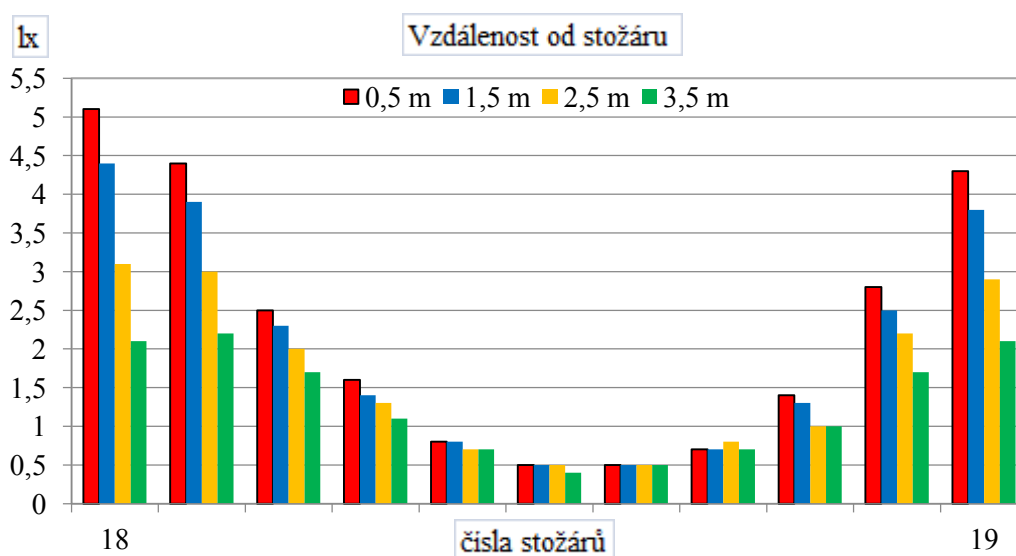
dodavatel	název svítidla	příkon (W)	osvětlenost (lx)		měrný výkon (lm/W)	celkový světelný tok (lm)
			průměr	min		
ELSTAV	Jiskra LED Alfa	31	11,2	2,3	90,32	2800

8.2 Měření původních svítidel

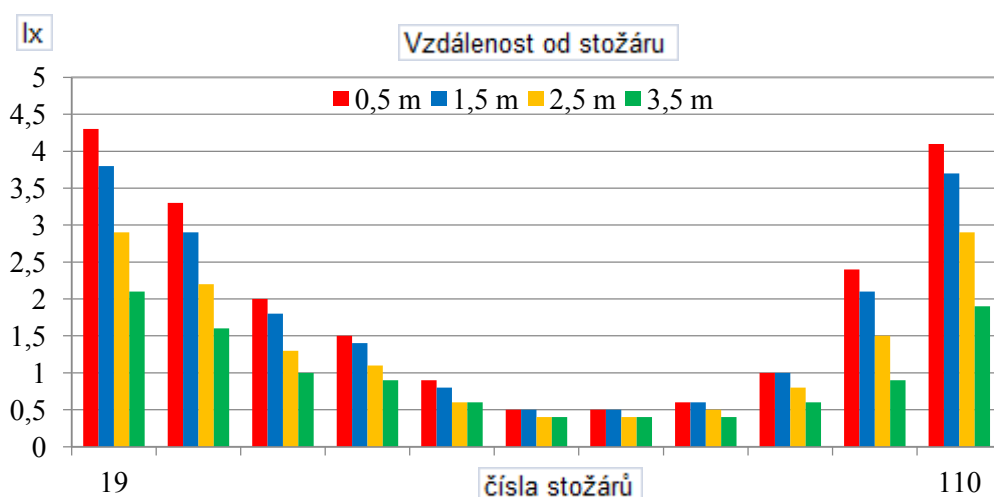
Cyklistická stezka sledované oblasti je zatříděna do třídy S5. Jedná se o skupinu komunikací zklidnělých oblastí. Přímo nenavazují na průtahovou komunikaci určenou pro řidiče motorových vozidel, kteří projíždějí pozemní komunikací se střední až vysokou schválenou rychlostí [51].

Na cyklistické stezce byla původně svítidla typu BERGERS (opálová koule průměru 500 mm v nerozbitném provedení z polykarbonátu). Byla osazena vždy dvěma nezávislými světelnými zdroji – kompaktními zářivkami 23 W. Použitím dvou zdrojů bylo navrženo z důvodu požadavků ČSN a jejich osazení je projektováno ve vzdálenosti 0,5 m od osy stožáru nebo od obruby komunikace. Stožáry jsou ocelové bezpatkové sadové BM 5 m se zesílenou spodní částí, manžetou. Povrchová úprava stožárů je navržena žárovým zinkováním (stříbrné barvy).

Měření osvětlenosti bylo provedeno dne 18. 5. 2016, ve 21.15 hod. Byl použit luxmetr typu Radiolux 111. Teplota vzduchu dosahovala 9,1°C. Protože jednotlivé stožáry mezi sebou mají stejnou vzdálenost, měřené úseky se rozdělily na dvě části, mezi třemi stožáry. Hodnoty z luxmetru se odečítaly na komunikaci ve vzdálenostech 0,5 m a 1,5 m od stožáru, na zeleni ve vzdálenosti 2,5 m a 3,5 m od stožáru. Naměřené hodnoty uvádí Tabulka č. 28 a Tabulka č. 29 v Příloze č. 2 a Graf č. 2 a Graf č. 3.



Graf č. 2: Naměřené hodnoty osvětlenosti mezi stožáry č. 18 a č. 19



Graf č. 3: Naměřené hodnoty osvětlenosti mezi stožáry č. 19 a č. 110

Z naměřených hodnot osvětlenosti byla vypočtena udržovaná osvětlenost a rovnoměrnost osvětlení (Tabulka č. 15 a Tabulka č. 16).

Tabulka č. 15: Udržovaná osvětlenost a rovnoměrnost osvětlení mezi stožáry č. 18 - 19

Kontrolní pole bodů	$E_0(lx)$	$\bar{E} (lx)$	$E_{min0} (lx)$	$E_{min} (lx)$	U_0
cyklistická stezka	2,12	1,70	0,50	0,40	0,24
zeleň	1,46	1,17	0,40	0,32	0,27

Tabulka č. 16: Udržovaná osvětlenost a rovnoměrnost osvětlení mezi stožáry č. 19 - 110

Kontrolní pole bodů	$E_0(lx)$	$\bar{E} (lx)$	$E_{min0} (lx)$	$E_{min} (lx)$	U_0
cyklistická stezka	1,83	1,46	0,50	0,40	0,27
zeleň	1,15	0,92	0,40	0,32	0,35

Požadavky na cyklistickou stezku typu S5 určuje (Tabulka č. 26) v Příloze č. 2:

- E_m ... nejmenší udržovaná hodnota osvětlenosti ... $\geq 3 lx$,
- E_{min} ... minimální udržovaná hodnota osvětlenosti ... $\geq 0,6 lx$,
- U_0 ... rovnoměrnost osvětlení,
- udržovací činitel: 0,8 [51].

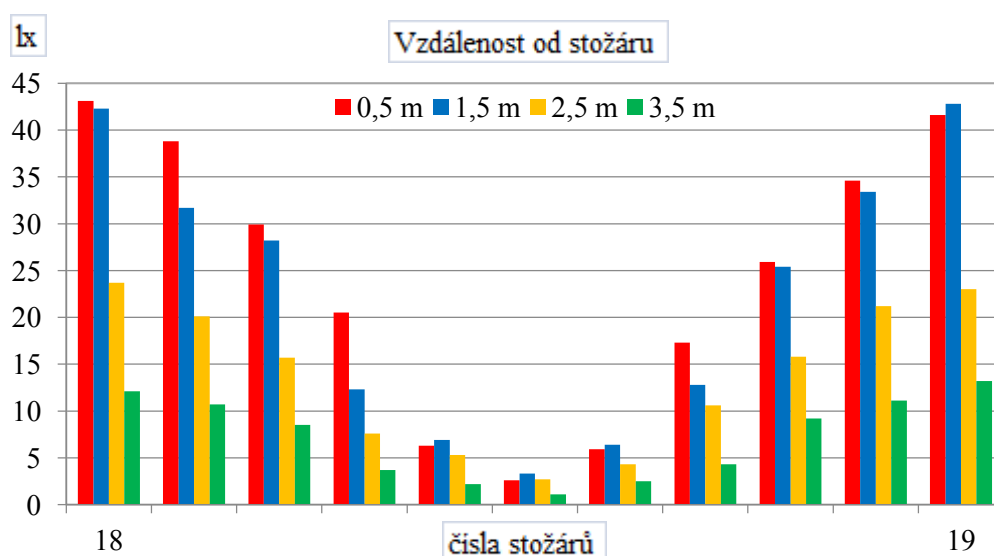
Udržovaná osvětlenost a rovnoměrnost osvětlení cyklostezky

Udržovaná hodnota se zjistí z průměru naměřených hodnot daného úseku a násobí se udržovacím činitelem. U rovnoměrnosti se musí najít minimální hodnota v daném úseku, která se udržovacím činitelem podělí. Následně se spočítá deseti procentní nejistota měření (min. a max.). Nakonec se porovnají hodnoty udržované osvětlenosti a rovnoměrnosti osvětlení (Tabulka č. 32 a Tabulka č. 33 v Příloze č. 2). Při porovnání udržované osvětlenosti a rovnoměrnosti osvětlení mezi stožáry č. 18 a č. 19 a mezi stožáry č. 19 a č. 110 byly naměřené hodnoty prokazatelně dodrženy.

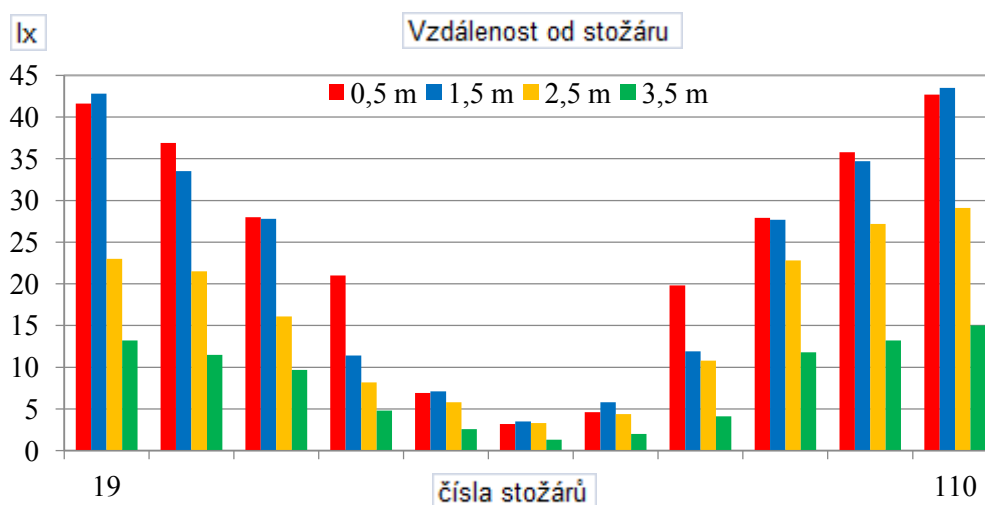
8.3 Měření nových svítidel

Na cyklistické stezce byla svítidla ve tvaru koule vyměněna za nová, typu Jiskra LED Alfa (Obrázek č. 23). Oproti starým svítidlům by měla zaručovat úsporu elektrické energie, a to i přes to, že se neomezují, ale svítí po celou noc. Obsahují výměnný LED modul s dvanácti diodami o celkovém příkonu 24 W, s předradníkem bude příkon svítidla 31 W. Stožáry byly ponechány původní, ocelové bezpatkové sadové BM 5 m se zesílenou spodní částí (manžetou), s povrchovou úpravou žárovým zinkem.

Měření osvětlenosti bylo provedeno dne 9. 12. 2016, v 18.05 hod. Byl použit luxmetr typu Radiolux 111. Teplota vzduchu dosahovala 4°C. Měření se opět rozdělilo na dva úseky, mezi tři stožáry. Veškeré naměřené hodnoty uvádí Tabulka č. 30 a Tabulka č. 31 v Příloze č. 2. Graf č. 4 a Graf č. 5 tyto hodnoty vyobrazuje.



Graf č. 4: Naměřené hodnoty osvětlenosti mezi stožáry č. 18 a č. 19



Graf č. 5: Naměřené hodnoty osvětlenosti mezi stožáry č. 19 a č. 110

Z naměřených hodnot osvětlenosti se vypočetla udržovaná osvětlenost a rovnoměrnost osvětlení (Tabulka č. 17 a Tabulka č. 18).

Tabulka č. 17: Naměřené hodnoty od stožáru č. 18 ke stožáru č. 19

Kontrolní pole bodů	$E_0(lx)$	$\bar{E}(lx)$	$E_{min0}(lx)$	$E_{min}(lx)$	U_0
cyklistická stezka	23,27	18,62	2,6	2,08	0,11
zeleň	10,39	8,31	1,1	0,88	0,11

Tabulka č. 18: Naměřené hodnoty od stožáru č. 19 ke stožáru č. 110

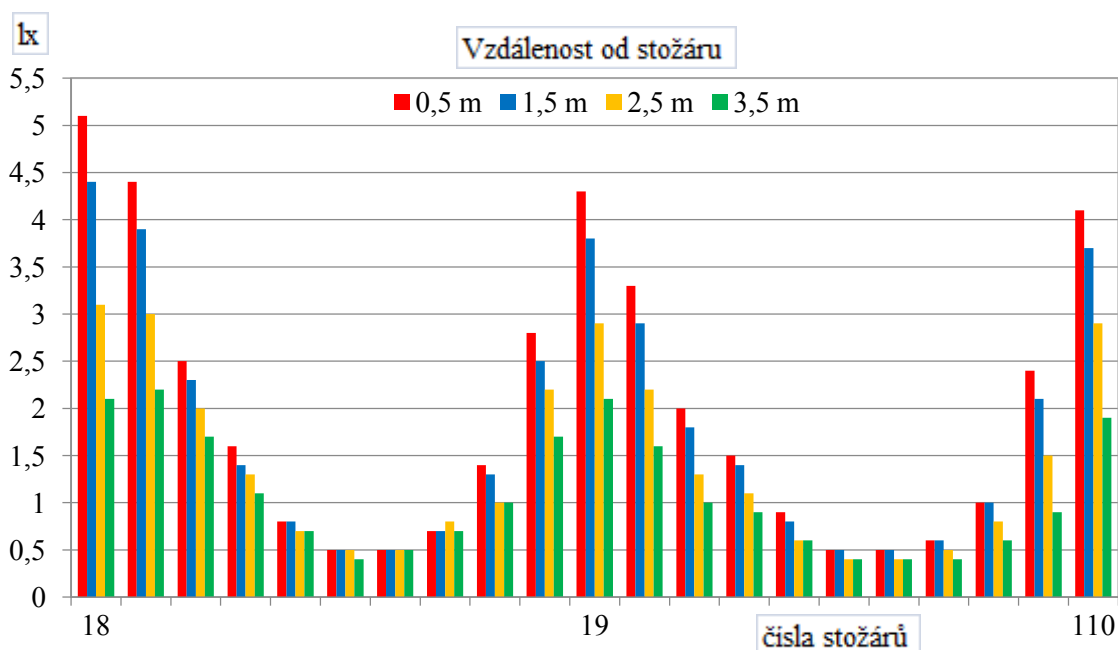
Kontrolní pole bodů	$E_0(lx)$	$\bar{E}(lx)$	$E_{min0}(lx)$	$E_{min}(lx)$	U_0
cyklistická stezka	23,55	18,84	3,2	2,56	0,14
zeleň	11,88	9,51	1,3	1,04	0,11

Udržovaná osvětlenost a rovnoměrnost osvětlení cyklostezky

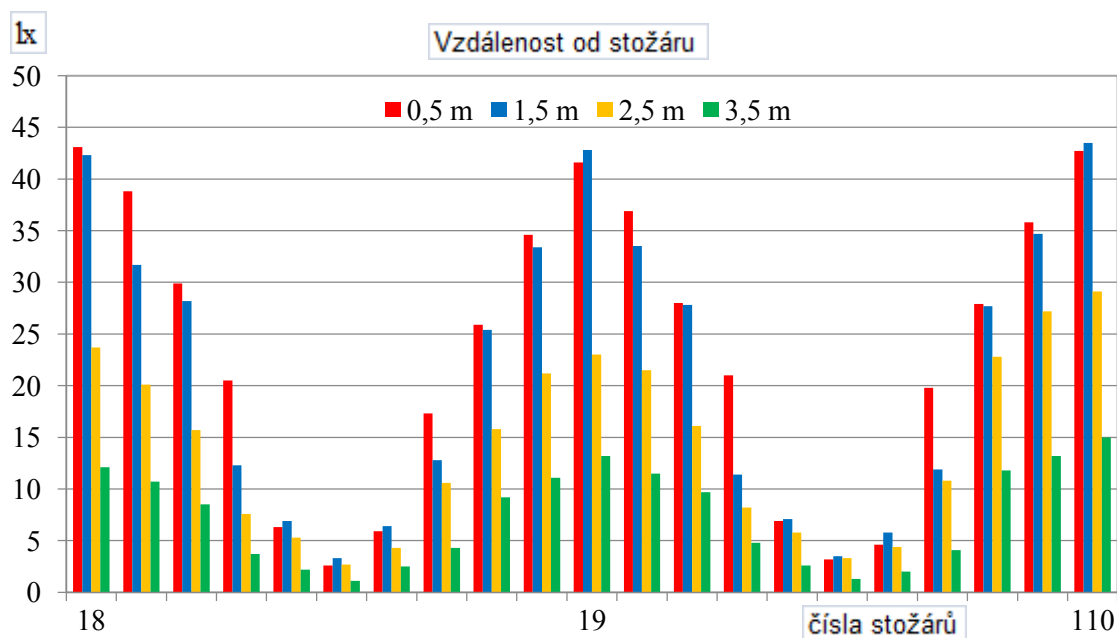
Tak jako u původních svítidel, tak i u nových se sleduje, jsou-li výsledné hodnoty udržované osvětlenosti a rovnoměrnosti osvětlení dodrženy u cyklostezky (Tabulka č. 34 a Tabulka č. 35 v Příloze č. 2). Při porovnání všech hodnot vyšlo, že ty naměřené jsou prokazatelně dodrženy.

8.4 Vyhodnocení vybrané osvětlovací soustavy

Graf č. 6 zobrazuje naměřené hodnoty světelných toků u původních svítidel a Graf č. 7 u nových.



Graf č. 6: Naměřené osvětlenosti u původních svítidel mezi stožáry č. 18 až č. 110



Graf č. 7: Naměřené osvětlenosti u nových svítidel mezi stožáry č. 18 až č. 110

Při vyhodnocování nové osvětlovací soustavy byly výsledky u nových svítidel pozitivní.

Nová svítidla:

- příkon se snížil z původních 2 x 23 W (s předřadníkem 50 W) na 1 x 24 W (s předřadníkem 31 W),
- spotřebují méně energie, čímž snižují provozní a investiční náklady,
- omezují emise CO₂, který vzniká při výrobě elektrické energie,
- klesly i náklady na jejich údržbu – jsou téměř bezúdržbové a mají dlouhou životnost,
- jsou vyrobeny z hliníku, který lze snadno a stoprocentně recyklovat – nejsou ekologickou zátěží,
- jsou produkovány v souladu se směrnicí RoHS, která omezuje výrobní fázi a aplikaci nebezpečných látek v elektronice – jsou ohleduplné k ŽP,
- vyzařují světlo jen do spodního poloprostoru [20].

9 OPATŘENÍ PRO ZLEPŠENÍ STAVU VEŘEJNÉHO OSVĚTLENÍ NA ZÁKLADĚ NÁVRHU OPTIMALIZOVANÉ OSVĚTLOVACÍ SOUSTAVY

Existuje deset významných pravidel, kterými by se měli projektanti řídit.

Pravidla

- **První** – škodlivý účinek osvětlení je možné snížit použitím vodorovně nainstalovaných svítidel uzavřených plochým sklem. Platí pro samostatná svítidla.
- **Druhé** – regulovat příkon osvětlovací soustavy v nočních hodinách.
- **Třetí** – snížit vyzařování svítidel do nepotřebných směrů. Svítidla buď nahradit způsobilejšími, nebo je přijatelně zaclonit.
- **Čtvrté** – rekonstrukce osvětlení. Je nutné porovnat rozsah rušivých vlivů individuálních typů svítidel.
- **Páté** – směřovat světlomety k zemskému povrchu. To platí především pro osvětlování památek, architektur, sportovišť a reklamních ploch. V některých zvláštních případech to není možné.
- **Šesté** – svítidla s vydutými mísami se mohou měnit za svítidla s plochým dnem pouze po odborného posouzení. Neměnit pouze jen některé svítidlo v řadě, ale vyměnit všechna.
- **Sedmé** – nejde zlikvidovat vyduté mísy ze svítidel bez náhrady, nebo je vyměnit za plochá skla zhotovená svépomocí. Zasahovat do konstrukce svítidla není přijatelné, může narušit jeho funkci.
- **Osmé** – nejde dát na svítidla svépomocně vytvořené clony či nátěry, které brání vyzařování světla. Mohou se používat pouze homologované prvky pro dané svítidlo.
- **Deváté** – nejde vypínat polovinu světla. Nesmí docházet ke střídání osvětlených a temných úseků. Zrak se pak musí těmto změnám stále přizpůsobovat.
- **Desáté** – nejde instalovat osvětlení jen na kritických úsecích [55].

9.1 Výpočet rušivého světla (vyzařování do horního poloprostoru, přesah)

Celkový světelný tok zářící do horního poloprostoru s narůstajícím závojevým jasem oblohy je produkován přímou složkou a složkou, která je odražena od zemského povrchu a předmětů v okolí, viz Obrázek č. 42 [57].

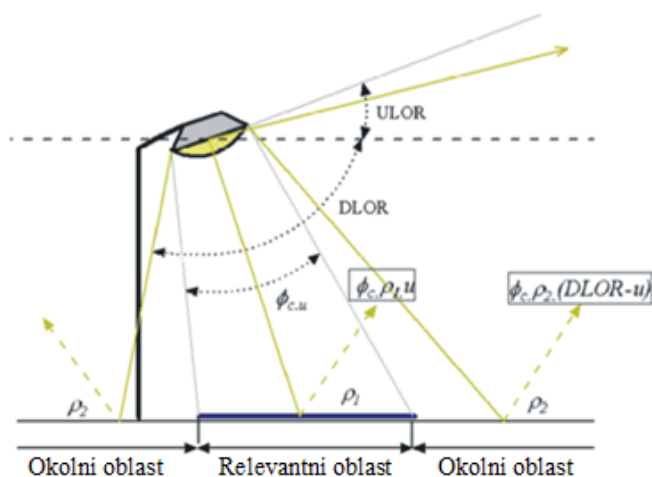
$$ULR = \frac{ULOR}{ULOR + DLOR}$$

kde

ULR ... celkový světelný tok zářící do horního poloprostoru,

ULOR ... světelný tok zářící přímo ze svítidla do horního poloprostoru,

DLOR ... světelný tok odražený od povrchů okolních oblastí [57].



Obrázek č. 42: Přímá a odražená složka světelného toku [57]

Výpočet původních svítidel:

$$ULR = \frac{50 \%}{50 \% + 10 \%} = 0,83 \%$$

Výpočet nových svítidel:

$$ULR = \frac{0 \%}{0 \% + 20 \%} = 0 \%$$

Z výsledků je zřejmé, že rušivé světlo u nových svítidel není žádné.

9.2 Výpočet úspory elektrické energie a její přepočet na emise CO₂

Za rok 2016

VO svítilo celkem 4 047,48 hodin. Původní svítidla spotřebovala 2 405 kWh, viz kapitola 7.2. Úspora elektrické energie se zjistí dosazením stejné doby svícení do výpočtu nových svítidel. Výsledek předpokládané spotřeby elektrické energie u nových svítidel za rok uvádí Tabulka č. 19.

Tabulka č. 19: Předpokládaná měsíční spotřeba el. energie nových svítidel

Měsíc	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	Celkem
Spotřeba (kWh)	226	191	178	142	120	109	113	135	158	194	211	230	2007

Výměnou původních svítidel za nová dochází k úspoře elektrické energie 398 kWh za rok, to je 16,5 %. Měsíční rozdíly zachycuje Graf č. 9.

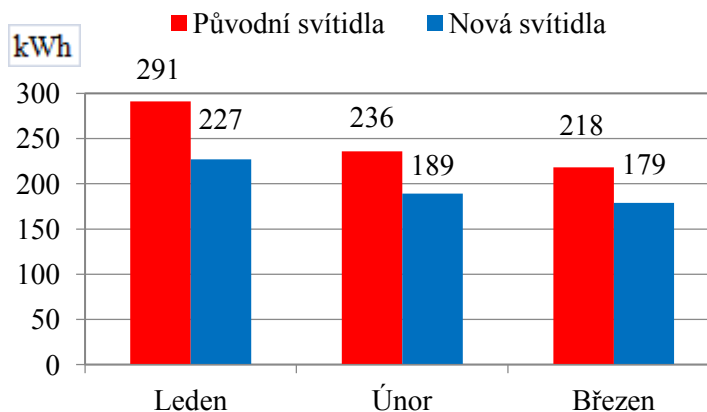
Za první čtvrtletí roku 2017

VO svítilo celkem 1 201,45 hodin. Nová svítidla spotřebovala 595 kWh, viz kapitola 7.2. Úspora elektrické energie se zjistí dosazením stejné doby svícení do výpočtu původních svítidel. Výsledek předpokládané spotřeby elektrické energie u původních svítidel za první čtvrtletí uvádí Tabulka č. 20.

Tabulka č. 20: Spotřeba el. energie původních svítidel za 1. čtvrtletí 2017

Měsíc	1.	2.	3.	Celkem
Spotřeba (kWh)	291	236	218	745

Výměnou původních svítidel za nová dochází k úspoře elektrické energie 150 kWh za první čtvrtletí, to je 20,13 %. Měsíční rozdíly zachycuje Graf č. 8.



Graf č. 8: Spotřeba energie v kWh za první čtvrtletí

Původně plánovaná svítidla - Voltana od společnosti Artechnic-Schröder

Úspora elektrické energie se zjistí opět dosazením stejné doby svícení do výpočtu těchto svítidel. Výsledek předpokládané spotřeby elektrické energie za rok uvádí Tabulka č. 21 a měsíční rozdíly zachycuje Graf č. 9.

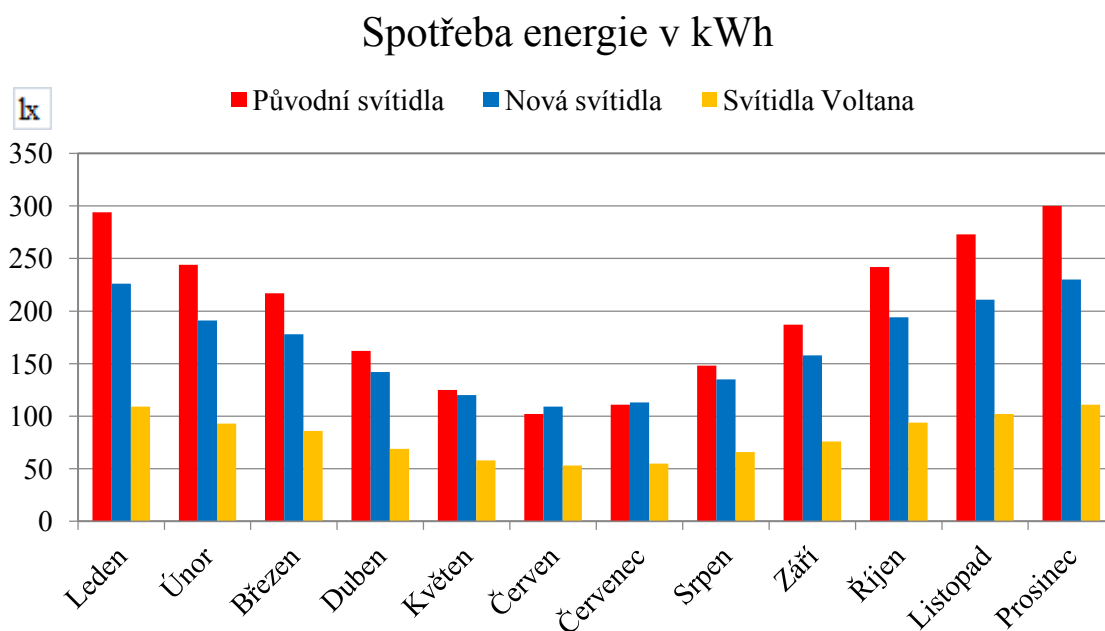
Tabulka č. 21: Předpokládaná měsíční spotřeba el. energie svítidel Voltana

Měsíc	1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	Celkem
Spotřeba (kWh)	109	93	86	69	58	53	55	66	76	94	102	111	972

Porovnání spotřeby elektrické energie u svítidel za rok při stejném času:

- původní svítidla 2 405 kWh (kapitola 7.2),
- nová svítidla 2 007 kWh (kapitola 9.2),
- původně plánovaná svítidla 972 kWh.

Z výsledku je patrné, že kdyby byla použita původně navrhovaná svítidla, došlo by k úspoře 1 433 kWh za rok, což je 59,58 %. Při dešti nebo sněhu by rovněž méně vyzařovala do horního poloprostoru.



Graf č. 9: Spotřeba energie v kWh

Přepoččet na emise CO₂

Výrobou 1 kWh elektřiny se do prostředí dostane 1,17 kg CO₂ [19].

Tabulka č. 22: Přepoččet na emise CO₂

Svítidla	Celková spotřeba za rok 2016	Emise CO ₂
Původní	2405 kWh	2813,85 kg
Nová	2007 kWh	2348,19 kg
Voltana	972 kWh	1137,24 kg

Tabulka č. 22 ukazuje přepoččet celkové spotřeby za rok 2016 na emise CO₂, které se vyprodukují při výrobě potřebné elektrické energie. Provedenou výměnou původních svítidel za nová by mělo dojít ke snížení emisí CO₂ o 465,66 kg za jeden rok. Pokud by se použila svítidla typu Voltana, emise CO₂ by se snížili až o 1 676,61 kg.

10 DISKUZE

Úkolem diplomové práce bylo uskutečnit výměnu svítidel VO nacházející se na cyklistické stezce, v blízkosti řeky Ostravice, ve městě F-M. Byla zde umístěna svítidla ve tvaru koulí, která vyzařovala do horního poloprostoru. Na cyklostezku dopadala pouze minimální část světelného toku. Bylo nutné vybrat nová svítidla svítící pouze do dolního poloprostoru. Jedině tak lze zaručit zvýšení intenzity osvětlení na cyklostezce a zamezit nebo omezit světelné znečištění, které je rušivé, nepotřebné a neekonomické. Ale teď která? Na trhu je jich nepřeberné množství. Navíc by měla být i ekologičtější a ekonomičtější.

Světlo v nočních hodinách oslňuje okolí a vyvolává pocit nepohody. Nevhodná svítidla mohou narušovat vodní ekosystémy, negativně působit na reprodukční chování některých živočichů a ovlivňovat reakce hmyzu, rostlin, stromů a ptáků. Např. ptáci letící noční oblohou se mohou obtížně orientovat v prostoru, narážet do výškových budov nebo popleteně kroužit kolem billboardů.

Projevy oslňujících světel se dají snížit účelnou instalací, vhodnějším nasměrováním svítidel, neosvětlováním nepotřebných míst, správným provozem a údržbou osvětlovacích systémů, vypínáním či regulací osvětlení v nočních hodinách, výstavbou umělých a přírodních překážek [35]. Proč? Protože se musí zachovat funkce ekosystémů, reprodukce živočichů a vývoj přírody. I lidé jsou její součástí, jsou na ni závislí.

Hodně taky záleží na spektrálním složení světla, na jeho barvě. Nejde o skutečnou teplotu. Zabarvení zářivky odpovídá použitému luminoforu, který mění barvu světla. Díky tomu jde vytvořit zářivku s jakoukoliv teplotou chromatičnosti světla [18]. Rozeznává se teple bílá, bílá a studeně bílá barva světla [60].

Při každé činnosti je důležité mít vytvořené vyhovující prostředí, světelné mikroklima. Tvoří se typem a umístěním svítidel, typem světelných zdrojů, intenzitou osvětlení, rozložením jasů v prostředí, barevným podáním veškerých objektů a lidí v prostředí. Zraková pohoda je důležitá pro vnímání a pozorování okolí. U zrakové nepohody dochází ke zrakové únavě. Zhoršuje se stav a výkonnost lidí [26].

Pokud je den a např. studenti se učí ve škole, je vhodné pro lepší pozornost použít studené světlo, které nutí organismus k aktivitě. Nejlepší by bylo, kdyby se v průběhu dne

postupně měnilo na teple bílé. V podvečer se nedoporučuje používat chladné barvy, pouze teplé. V nočních hodinách mají lidé spát a nepobývat na světle.

Fyziologické funkce člověka se během evoluce přizpůsobily střídání dne a noci. Jsou to jakési vnitřní hodiny člověka - cirkadiánní rytmus trvající jeden den. Ve tmě se produkuje spánkový hormon melatonin. Svítáním jeho tvorba klesá. U lidí, kteří v noci pracují nebo studují, se jeho hromadění snižuje. Může pak docházet k ovlivňování jejich reprodukce [24, 36, 42].

Melatonin je tedy důležitý hormon řídící cirkadiánní rytmus. Je to velice silný antioxidant omezující záněty a působící proti rakovině. Jeho zásluhou se zkvalitňuje spánek a zlepšuje imunita [32].

K produkci melatoninu dochází po setmění nebo po zhasnutí světla. Nejvíce se tvoří mezi půlnoci až třetí hodinou ranní, proto v této době by měli lidé spát. Pak klesá až na minimum. Pokud bude někdo v noci vzbuzen a na půl hodiny si rozsvítí, produkce melatoninu se výrazně sníží. Pak dochází k obtížnému usínání [12].

Tvorbu hormonu ovlivňuje tedy i barevné spektrum světla. To znamená, že studené barvy (modrá, zelená) ho tlumí více než teplé (žlutá, červená). Noční umělé světlo z nákupních a průmyslových zón, fotbalových hřišť a billboardů informuje chybně buňky o stavu biologických hodin. Vliv městského osvětlení na úbytek melatoninu ale nebyl ověřen [36, 46].

Výstavba VO musí být projektována podle národních norem, které kladou nároky a požadavky na kvalitu osvětlení a bezpečnost pěšího i silničního provozu. Jsou převzaté z evropských a mezinárodních norem [56, 62, 64]. Zákon, který se zabýval rušivým světlem byl zrušen. Dnes to žádný neřeší.

Pro osvětlování městských komunikací a chodníků je důležité vybrat správný světelný zdroj. V dnešní době jsou perspektivní LED diody. Nejen že uspoří elektrickou energii, ale snadno se regulují, spolehlivě usměrňují světelný tok a lze si pohrávat i s barevným odstínem světla. Navíc jejich měrný výkon a životnost narůstá [49, 60].

Svítivost zdroje bývá různá. Každé svítidlo má svou křivku svítivosti, která ukazuje směr úhlu dopadu světla [17, 40].

Z ekologického hlediska je nezbytné VO posuzovat i podle produkce CO₂ na základě jejich spotřebované elektrické energie. Svítidla plně cloněná jsou z pohledu světelného znečištění k obloze ohleduplnější, ale energie s provozními náklady tím narůstají a zvyšuje se tvorba emisí CO₂. Může se stát, že i svítidlo nevyzařující do horního poloprostoru tam může vyzařovat. To se stává při odrazu světla od zemského povrchu směrem k obloze [55].

LED diody mají mnohem menší spotřebu elektrické energie, odolávají více klimatickému působení a mají mnohem delší životnost a účinnost. Redukují nejen světelné znečištění, ale také emise CO₂. LED diody se ve VO čím dál více používají [22].

Cyklistická stezka ve F-M je zařazena do třídy S5. Jedná se o komunikaci v klidné oblasti [51]. Byla původně osázena svítidly ve tvaru koule, které obsahovaly dva nezávislé světelné zdroje - kompaktní zářivky (2 x 23 W, s předřadníkem 2 x 25 W).

Nabídka svítidel na trhu je velice široká. Je složité vybrat pro osvětlování cyklistických stezek tu pravou. Tabulka č. 13 v kapitole 8.1 uvádí tu nejvhodnější. Byla vybírána podle nejúčelnější optiky pro danou cyklostezku pomocí PC programu ReluxPro. Do užšího výběru se dostalo šest typů svítidel, u kterých bylo vedoucím provozu VO provedeno výběrové řízení. Nejlepší parametry mělo svítidlo Civiteq od společnosti Thorn Lighting, ale jelikož bylo finančně nákladnější a vzhledově ne moc atraktivní, tak nakonec bylo vybráno levnější, ale pěknější svítidlo Voltana od společnosti Artechnic-Schröder. Do výroby se tedy zadala zakázka na 16 kusů těchto svítidel.

Bohužel v období plánované výměny tato svítidla na skladě dodavatele nebyla. Po zjištění, že jejich výroba bude trvat minimálně 2 měsíce, bylo vedoucím provozu VO dohodnuto úplně jiné svítidlo. Takže nakonec se vítězem stala Jiskra LED Alfa od společnosti Elstav lighting, viz Tabulka č. 14. Má výměnný LED modul s dvanácti diodami (24 W, s předřadníkem 31 W). Co lze k tomu dodat? Svítidlo je sice vhodné pro cyklostezky, nevyzařuje do horního poloprostoru a je úspornější než ta původní, ale má podstatně silnější příkon než navrhovaná svítidla a zdroj se nereguluje. Stožáry zůstaly původní, nebyly vyměněny.

Měření svítivosti původních svítidel bylo uskutečněno dne 18. 5. 2016, ve 21.15 hodin. Teplota vzduchu byla 9,1°C. Měření svítivosti nových svítidel bylo provedeno dne 9. 12. 2016, v 18.05 hodin. Teplota vzduchu byla 4°C. Měření se má provádět za suchého počasí, nesmí být sníh a neměl by být smog. Protože jednotlivé

stožáry mezi sebou mají stejnou vzdálenost, měřené úseky se rozdělily na dvě části, mezi třemi stožáry. Hodnoty se odečítaly těsně nad povrchem cyklostezky, pomocí luxmetru.

Měření byla provedena identicky, jak u původních svítidel (kapitola 8.2), tak i u nových (kapitola 8.3). Hodnoty z luxmetru se odečítaly na komunikaci ve vzdálenosti 0,5 m a 1,5 m od stožáru, na zeleni ve vzdálenosti 2,5 m a 3,5 m od stožáru. Sledovaným místem byla cyklostezka, ale i blízké okolí (zeleně).

Ze získaných hodnot osvětlenosti se vypočetla udržovaná osvětlenost a rovnoměrnost osvětlení cyklostezky, a to u původních i nových svítidel. Poté bylo provedeno vyhodnocení, zda výsledné hodnoty odpovídají požadavkům.

VO spotřebuje velmi mnoho elektrické energie. Je tedy prospěšné znát podrobnosti kolem jeho odběru [65]. Podle příkonu jednotlivých svítidel lze vyčíslit jejich spotřebu. Původní svítidla, která se nacházela na sledované cyklostezce, měla celkový příkon 800 W a obsahovala 32 zdrojů. Každé svítidlo zahrnovalo dva zdroje. Jeden zdroj svítil po celou noc, druhý se od 22.30 do 04.00 hodin omezoval. Nová svítidla mají 16 zdrojů, příkon se snížil na 496 W a jsou bez regulace.

V této práci jsou také uvedena opatření pro zlepšení stavu VO. Jedná se o deset pravidel, které by měli projektanti respektovat [22]. Co se týče výpočtu rušivého světla (vyzařování do horního poloprostoru), nová svítidla jsou na tom mnohem lépe než původní.

Zhodnocením obou osvětlovacích soustav byly pozitivnější výsledky u nových svítidel. Jejich příkon se snížil a tím i spotřeba elektrické energie. Došlo ke snížení i provozních a investičních nákladů. Zredukovaly se emise CO₂, které vznikají výrobou elektrické energie. Nová svítidla jsou téměř bezúdržbová a mají dlouhou životnost. Snadno a stoprocentně se dají recyklovat. Vyzařují světlo jen do spodního poloprostoru [20].

Při výpočtu elektrické energie se započítala celková délka svícení VO. Za rok 2016 byla doba provozu 4 047,48 hodin a za první čtvrtletí 2017 1 201,45 hodin. Původní svítidla spotřebovala za rok 2 405 kWh a za první čtvrtletí 745 kWh. Nová svítidla by spotřebovala za rok 2 007 kWh a za první čtvrtletí 595 kWh. Dochází se k výsledku, že nová svítidla ušetřila za rok 398 kWh (16,5 %) a za první čtvrtletí 2017 150 kWh (20,13 %).

Je velká škoda, že nakonec nebyla nainstalována svítidla typu Voltana, protože by se za rok ušetřilo 1 433 kWh (59,58 %). Spotřeba by byla mnohem menší, úspora elektrické energie větší a méně by se odráželo světlo od mokrého nebo zasněženého povrchu.

Na stránkách Ministerstva průmyslu a obchodu se uvádí, že při výrobě 1 kWh elektřiny se vyprodukuje 1,17 kg CO₂ [19]. To znamená, že původní svítidla spotřebou energie vytvořila 2 813,85 kg CO₂ za rok a nová by vytvořila 2 348,19 kg za rok. U nových svítidel došlo k poklesu emisí CO₂ o 465,66 kg za rok. Pokud by se použila svítidla typu Voltana, emise CO₂ by se snížily až o 1 676,61 kg.

11 ZÁVĚR

Cyklistickou stezku procházející městem F-M poblíž řeky Ostravice osvětlovala nevhodná svítidla ve tvaru koulí, která zářila do okolí. Aby došlo ke snížení tohoto rušivého světla, bylo nutné nahradit původní svítidla novými, svítícími pouze do dolního poloprostoru. Jedině tak lze zaručit omezení světelného znečištění a zvýšení intenzity osvětlení na dané cyklostezce. Nevhodně zářící světlo v nočních hodinách oslňuje okolí a vzbuzuje pocit nepohody. U některých živočichů může negativně ovlivňovat jejich reakce a reprodukční chování.

Realizace VO se plánuje především podle norem. Jejich požadavkem je kvalita osvětlení a bezpečnost v provozu, ať už pěšího nebo silničního. Česká legislativa rušivé světlo neřeší. Zákon, který se jím zabíral byl zrušen. V dnešní době by měl být vyvíjen tlak, aby se doopravdy osvětlovala pouze místa k tomu stanovená. Po ekologické stránce je nutné posuzovat VO i podle tvorby emisí CO₂, které vznikají při výrobě elektrické energie.

Zmiňovaná cyklistická stezka se nachází v klidné části města. Nabídka svítidel pro tuto komunikaci je velmi rozsáhlá. Pomocí programu ReluxPro se vyhledávala svítidla s nejvhodnější optikou. Bylo vybráno šest typů LED svítidel. Jsou úspornější, spolehlivě usměrňují světelný tok, omezují světelné znečištění a emise CO₂.

Výběrovým řízením z výše uvedených svítidel bylo vybráno svítidlo typu Voltana od společnosti Artechnic-Schröder s příkonem 15 W. V době plánované výměny však tato svítidla nebyla na skladě dodavatele, proto vedoucí provozu VO domluvil jiný typ. Nakonec byla na cyklostezku nainstalována svítidla typu Jiskra LED Alfa od společnosti Elstav lighting s příkonem 31 W.

Každé původní svítidlo obsahovalo dva zdroje, kdy jeden svítil celou noc a druhý od 22.30 do 04.00 hodin byl regulován. Nová svítidla jsou bez regulace. Nezáří do horního poloprostoru a jsou úspornější než původní svítidla, ale jejich příkon je ještě o polovinu větší než u navrhovaných svítidel typu Voltana.

Měření osvětlenosti bylo provedeno jak u původních svítidel, tak i u nových. Byla splněna podmínka měření za suchého počasí, bez sněhu a smogu. Hodnoty se odečítaly luxmetrem těsně nad povrchem komunikace. Z dosažených hodnot se vypočetlo rušivé světlo, spotřeba elektrické energie a emise CO₂.

Za rok 2016 bylo VO v provozu 4 047,48 hodin. Pro výpočet spotřeby elektrické energie se u všech typů svítidel počítalo s touto roční svítivostí. Původní svítidla spotřebovala za rok 2 405 kWh, nová by spotřebovala 2 007 kWh a Voltany 972 kWh.

Výsledek je takový, že nová svítidla oproti původním ušetří za rok 398 kWh (16,5 %). Příkon se zredukoval a tím i spotřeba elektrické energie. Došlo i ke snížení provozních a investičních nákladů a k omezení emisí CO₂. Nová svítidla jsou téměř bezúdržbová s dlouhou životností. Vyzařují světlo do spodního poloprostoru. Pokud by se použila svítidla typu Voltana, ušetřilo by se 1 433 kWh (59,58 %) a ještě více by se omezila tvorba emisí CO₂. Úspora elektrické energie by byla ještě větší. Navíc by méně odrazela světlo od mokrého nebo zasněženého povrchu.

ZDROJE

- [1] AION CS. *Zákony pro lidi. Zákony pro lidi.cz* [online]. Zlín, 2017 [cit. 2016-09-28]. Dostupné z: <<http://www.zakonyprolidi.cz/>>
- [2] ANTÉNE, Jan. *Ekologie a veřejné osvětlení*. Plzeň, 2013. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni. Vedoucí práce Josef Linda.
- [3] AOPK ČR. Chráněná krajinná oblast Beskydy. *CITTADELLA: Ochrana přírody a krajiny v České republice* [online]. 2016 [cit. 2016-10-22]. Dostupné z: <http://www.cittadella.cz/europarc/index.php?p=mapa&site=CHKO_beskydy_cz />
- [4] AOPK ČR. Regionální pracoviště Správa CHKO Beskydy. *AOPK ČR* [online]. Rožnov pod Radhoštěm, 2008 [cit. 2016-07-12]. Dostupné z: <<http://beskydy.ochranaprirody.cz/>>
- [5] AOPK ČR. Regionální pracoviště Správa CHKO Poodří. *AOPK ČR* [online]. Ostrava, 2016 [cit. 2016-03-21]. Dostupné z: <<http://poodri.ochranaprirody.cz/>>
- [6] AOPK ČR. Regionální pracoviště. *AOPK ČR* [online]. Praha, 2016 [cit. 2016-03-21]. Dostupné z: <<http://www.ochranaprirody.cz/regionalni-pracoviste/>>
- [7] ARTECHNIC-SCHREDER. Katalog svítidel: TECHNOLOGIE, KTERÁ SLOUŽÍ LÉPE. *Artechnic Schreder* [online]. Praha, 2013 [cit. 2016-09-04]. Dostupné z: <http://artehnic-schreder.cz/wp-content/uploads/Schreder-CZ_Katalog.pdf>
- [8] ARTECHNIC SCHREDER. VOLTANA. *Artechnic Schreder* [online]. Praha, 2017 [cit. 2016-10-19]. Dostupné z: <<http://artehnic-schreder.cz/voltana/>>
- [9] ARTISTIC. TECEO 1. *ARTISTIC czech* [online]. Praha, 2017 [cit. 2016-10-19]. Dostupné z: <<http://www.artisticczech.cz/produkty/teceo-1/>>
- [10] AXIMA. Jaké má být správné osvětlení? Vyhovující parametry pro průmyslové osvětlení. *CCEA technical lighting* [online]. Brno, 2017 [cit. 2017-02-10]. Dostupné z: <<http://www.ccealights.com/cs/approfondimento.php/1243>>

- [11] BARTÍKOVÁ, Petra. Vesmír na dotek. Ostrava otevírá opravené planetárium s hvězdárnou. *IDNES.cz: Ostrava a Moravskoslezský kraj* [online]. Ostrava, 2014 [cit. 2016-03-21]. Dostupné z: <http://ostrava.idnes.cz/vesmir-na-dotek-ostrava-otevira-opravene-planetarium-s-hvezdarnou-1fk-/ostrava-zpravy.aspx?c=A141127_004313_ostrava-zpravy_jog>
- [12] BĚLÍK, Marcel. Člověk ve svém pozemském a kosmickém prostředí. *Česká bioklimatologická společnost* [online]. Hvězdárna v Úpici, 2016 [cit. 2017-03-16]. Dostupné z: <http://www.cbks.cz/Upice2015/_sbornik_2015.pdf>
- [13] CAIN, S. et al. Sex differences in phase angle of entrainment and melatonin amplitude in humans. *Journal of Biological Rhythms* 25, 288–296 (2010).
- [14] CREATIVE COMMONS. *QGIS 2.18* [online]. Los Angeles, 2017 [cit. 2017-03-29]. Dostupné z: <<https://www.qgis.org/en/site/forusers/download.html>>
- [15] ČESKÝ STATISTICKÝ ÚŘAD. Životní prostředí: Emise oxidu uhličitého (CO₂) na obyvatele. *Český statistický úřad* [online]. Praha, 2014 [cit. 2017-03-21]. Dostupné z: <<https://www.czso.cz/csu/czso/zivotni-prostredi5433>>
- [16] ČVUT. Osvětlení a osvětlovací technika: Kruithofův diagram. *České vysoké učení technické v Praze – Fakulta stavební – Katedra technických zařízení budov* [online]. Praha, 2013 [cit. 2017-03-16]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/vyucujici/14/teorie_osvetleni.pdf>
- [17] ČVUT. Osvětlení a osvětlovací technika: Křivka svítivosti. *České vysoké učení technické v Praze – Fakulta stavební – Katedra technických zařízení budov* [online]. Praha, 2013 [cit. 2017-03-16]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/vyucujici/14/teorie_osvetleni.pdf>
- [18] ČVUT. Osvětlení a osvětlovací technika: Teplota chromatičnosti. *České vysoké učení technické v Praze – Fakulta stavební – Katedra technických zařízení budov* [online]. Praha, 2013 [cit. 2017-03-16]. Dostupné z: <http://tzb.fsv.cvut.cz/vyucujici/14/teorie_osvetleni.pdf>
- [19] DOLEŽAL, Jiří. Výpočet úspor emisí oxidu uhličitého (CO₂). *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. Praha, 2006 [cit. 2017-03-21]. Dostupné z: <<http://www.mpo.cz/dokument6794.html>>

- [20] ELSTAV LIGHTING. Svítidla parková výbojková, LED: Jiskra LED. *ELSTAV lighting* [online]. Ostrava, 2015 [cit. 2016-11-16]. Dostupné z: <http://www.elstav.cz/wp-content/uploads/2015/10/3_Svitidla_parkova_vybojkova_LED_small.pdf>
- [21] *EN 13201-5: Energy performance indicators*. FINAL DRAFT. Praha: CEN, 2015.
- [22] ENVI WEB. LED jsou přátelské. *Envi Web* [online]. Brno, 2007 [cit. 2017-03-21]. Dostupné z: <<http://www.enviweb.cz/clanek/obecne/66467/led-jsou-pratelske>>
- [23] FOSTER RG, Hankins MW (2007). *Circadian vision*. Current Biology Vol 17 No 17 R746
- [24] GASTON, Kevin J. et al. Human alteration of natural light cycles: causes and ecological consequences. *Oecologia* [online]. 2014, 176(4), 917-931 [cit. 2017-02-16]. DOI: 10.1007/s00442-014-3088-2. ISSN 0029-8549. Dostupné z: <<http://link.springer.com/10.1007/s00442-014-3088-2>>
- [25] GASTON, Kevin J. et al. Benefits and costs of artificial nighttime lighting of the environment. *Environmental Reviews* [online]. 2015, 23(1): 14-23 [cit. 2017-01-13]. DOI: 10.1139/er-2014-0041. ISSN 1181-8700. Dostupné z: <<http://www.nrcresearchpress.com/doi/10.1139/er-2014-0041>>
- [26] HABEL, Jiří. *Světlo a osvětlování*. Praha: FCC Public, 2013. ISBN 978-80-86534-21-3.
- [27] HAUS, Erhard. Chronobiology in the endocrine system: Melatonin. *Researchgate* [online]. Minnesota, 2007 [cit. 2017-03-11]. Dostupné z: <https://www.researchgate.net/publication/6036578_Chronobiology_in_the_endocrine_system>
- [28] HELLUX. 770 Puro LED. *HELLUX* [online]. České Budějovice, 2017 [cit. 2016-10-19]. Dostupné z: <<http://www.hellux.cz/katalog-produktu/1-770-puro-led>>
- [29] HELLUX. I svítidlo může být SEXY. *HELLUX* [online]. České Budějovice, 2017 [cit. 2016-10-19]. Dostupné z: <<http://www.hellux.cz/rady-tipy-a-akce/38-i-svitidlo-me-bt-sexy>>

- [30] HOLAN, Jan a Rudolf Novák. Mapování světelného znečištění a negativní vlivy osvětlování umělým světlem na živou přírodu na území České republiky: Astronomická měření jasu oblohy. *Vítejte na Amperovi* [online]. Brno, 2004 [cit. 2017-03-15]. Dostupné z: <http://amper.ped.muni.cz/noc/old/zprava_noc.pdf>
- [31] JABLOTRADE. Led osvětlení úvod. *Jablotrade* [online]. Jablonec nad Nisou, 2013 [cit. 2016-04-07]. Dostupné z: <<http://www.jablotrade.cz/led-osvetleni/led-osvetleni-uvod/>>
- [32] KABBANI, Mike. Mastering Melatonin: More energy, fatloss, and muscle gain. *SwolePT* [online]. USA, 2012 [cit. 2017-03-14]. Dostupné z: <http://swolept.com/posts/mastering-melatonin-more-energy-fatloss-and-muscle-gain#.WMgFkm81_IU>
- [33] KONDZIOLKA, Jan. Světelné znečištění. *Astronomický ústav AV ČR* [online]. Ondřejov, 2008 [cit. 2016-10-18]. Dostupné z: <<http://www.asu.cas.cz/files/pages/svetelne-znecisteni/letacek.pdf>>
- [34] KOTEK, Jaroslav. Snaha o legislativní úpravu světelného znečištění v České republice. *FCC PUBLIC: SVĚTLO časopis pro světlo a osvětlování* [online]. Praha, 2002 [cit. 2016-04-14]. Dostupné z: <<http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/casopis/tema/snaha-o-legislativni-upravu-svetelneho-znecisteni-v-ceske-republice--16806>>
- [35] LENŽA, Libor a Pavel SUCHAN. *Proč se zabývat světelným znečištěním?: nejde o to zhasnout, jde o to svítit účelněji*. Praha: Česká astronomická společnost, 2006. ISBN 80-239-9926-5.
- [36] MAŘA, Patrik. Biologické rytmy. *Funkce buněk a lidského těla* [online]. 2015 [cit. 2017-03-16]. Dostupné z: <<http://fbt.cz/skripta/regulacni-mechanismy-2-nervova-regulace/11-biologicke-rytmy/>>
- [37] *MAPY.CZ* [online]. 2016 [cit. 2017-04-20]. Dostupné z: <<https://mapy.cz/zakladni?x=15.6252330&y=49.8022514&z=8>>
- [38] MEDITORIAL+. Narušení biologického rytmu. *Dobrý spánek* [online]. Praha, 2017 [cit. 2017-03-09]. Dostupné z: <<http://www.dobry-spanek.cz/naruseni-biologickeho-rytmu>>

- [39] MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. Polské skleníky už zářit nebudou. Komentář ministra Brabce k zaclonění skleníků v česko-polském pohraničí. *Ministerstvo životního prostředí* [online]. Praha, 2016 [cit. 2017-03-16]. Dostupné z: <http://www.mzp.cz/cz/news_160914_skleniky_Polsko>
- [40] MRÁČEK, Aleš. Umělé osvětlení: Základní veličiny. *Ústav fyziky a materiálového inženýrství* [online]. Zlín, 2010 [cit. 2017-03-16]. Dostupné z: <http://ufmi.ft.utb.cz/texty/env_fyzika/EF_09.pdf>
- [41] ODBORNÁ SKUPINA PRO TMAVÉ NEBE PŘI ČESKÉ ASTRONOMICKÉ SPOLEČNOSTI. Veřejné osvětlení. *Světelné znečištění: Svitme správně* [online]. 2017 [cit. 2017-03-16]. Dostupné z: <<http://svetelneznecisteni.cz/svitme-spravne/verejne-osvetleni/>>
- [42] ODBORNÁ SKUPINA PRO TMAVÉ NEBE PŘI ČESKÉ ASTRONOMICKÉ SPOLEČNOSTI. Světelné znečištění a vliv na lidské zdraví: Vliv na člověka. *Světelné znečištění* [online]. 2017 [cit. 2016-08-27]. Dostupné z: <<http://svetelneznecisteni.cz/co-je-svetelne-znecisteni/lidske-zdravi/>>
- [43] PAVELKA, Petr. Nakupujeme levnější energii a snižujeme její spotřebu. *Zpravodaj Rady města Frýdku-Místku* [online]. Frýdek-Místek, 2015 [cit. 2016-07-15]. Dostupné z: <http://www.frydekmostek.cz/prilohy/Zpravodaj/243/1425455983_fm_zpravodaj_4_str_net.pdf>
- [44] PHILIPS Lighting. Luma – the vision is reality. *Philips Lighting* [online]. Eindhoven, Holandsko, 2017 [cit. 2016-09-04]. Dostupné z: <<http://www.lighting.philips.com/main/prof/outdoor-luminaires/road-and-urban-lighting/road-and-urban-luminaires/luma/luma-micro>>
- [45] PHILIPS Lighting. UniStreet – simple, cost-effective road-lighting range. *Philips Lighting* [online]. Eindhoven, Holandsko, 2017 [cit. 2016-09-04]. Dostupné z: <<http://www.lighting.philips.com/main/prof/outdoor-luminaires/road-and-urban-lighting/road-and-urban-luminaires/unistreet>>
- [46] REITER RJ. et al. Circadian mechanisms in the regulation of melatonin synthesis: disruption with light at night and the pathophysiological consequences. *J Exp Integr Med.* 2011;1(1):13-22.

- [47] ROENNEBERG, T. et al. Entrainment of the human circadian clock. *Cold Spring Harbor Symposia Quantitative Biology* 2007; 72:293-9.
- [48] SANTHI, N. et al. Sex differences in the circadian regulation of sleep and waking cognition in humans. *Proc Natl Acad Sci USA* 113,E2730–E2739 (2016).
- [49] SEVEN. Světelné zdroje a svítidla pro veřejné osvětlení v roce 2012: Světelné zdroje ve veřejném osvětlení. *Ministerstvo průmyslu a obchodu - Efekt* [online]. Praha, 2012 [cit. 2016-07-12]. Dostupné z: <<http://www.mpo-efekt.cz/upload/7799f3fd595eeee1fa66875530f33e8a/2230-seven-svetelne-zdroje-a-svitidla.pdf>>
- [50] SCHREDER. AMPERA. *Schreder* [online]. Carnaxide, Portugalsko, 2017 [cit. 2016-10-19]. Dostupné z: <<http://www.schreder.com/pt-pt/produtos/ampera>>
- [51] SOKANSKÝ, Karel. et al. Potenciál energetických úspor veřejného osvětlení v ČR: Volba světelných zdrojů z pohledu kvalitativních a kvantitativních parametrů. *Česká společnost pro osvětlování* [online]. Ostrava, 2007 [cit. 2016-07-29]. Dostupné z: <http://www.csorsostrava.cz/publikace/Potencial_energetickych_uspor_VO_v_CR.pdf>
- [52] SOKANSKÝ, Karel. et al. Racionalizace v osvětlování venkovních prostor: Návrh veřejného osvětlení dle dosud platných norem ČSN. *Česká společnost pro osvětlování* [online]. Ostrava, 2005 [cit. 2016-09-12]. Dostupné z: <<http://www.csorsostrava.cz/publikace/racionalizace%20-%202005.pdf>>
- [53] SOKANSKÝ, Karel. et al. Základy základů světelné techniky: Měrný světelný výkon. *Katedra elektroenergetiky VŠB-TUO* [online]. Ostrava, 2007 [cit. 2017-03-15]. Dostupné z: <http://fei1.vsb.cz/kat410/studium/studijni_materialy/vuee/VUEE_Zaklady_svetelne_tech_niky.pdf>
- [54] SOKANSKÝ, Karel. et al. Základy základů světelné techniky: Účinnost svítidel a možnosti jejího zvyšování. *Katedra elektroenergetiky VŠB-TUO* [online]. Ostrava, 2007 [cit. 2017-03-15]. Dostupné z: <http://fei1.vsb.cz/kat410/studium/studijni_materialy/vuee/VUEE_Zaklady_svetelne_tech_niky.pdf>

- [55] SOKANSKÝ, Karel. *Metodické pokyny pro sjednocení požadavků na obnovu veřejného osvětlení*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2013. ISBN 978-80-248-3327-9.
- [56] SOKANSKÝ, Karel. *Snižování energetické náročnosti venkovních osvětlovacích soustav*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2010. ISBN 978-802-4824-819.
- [57] SOKANSKÝ, Karel. *Světelná technika*. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2011. ISBN 978-80-01-04941-9.
- [58] SOKANSKÝ, Karel. *Przegląd elektrotechniczny: Conflict areas on the roads which are illuminated by public lighting*. Ostrava: VŠB - Technical University of Ostrava, 2013. ISBN 0033-2097.
- [59] SUCHÁNKOVÁ, Jitka. Terapie: Vliv světla na lidský organismus. *Zdravě.cz* [online]. 2012 [cit. 2017-03-16]. Dostupné z: <<https://terapie.zdrave.cz/vliv-svetla-na-lidsky-organismus/>>
- [60] ŠEBESTA, Petr. *Energetický audit osvětlovacích soustav veřejného osvětlení*. Ostrava, 2016. Bakalářská práce. VŠB-TUO. Vedoucí práce Tomáš Novák.
- [61] TESAŘ, Jiří a členové SRVO. Jak projektovat veřejné osvětlení: Cesty pro cyklisty. *ARTMETAL ČECHY* [online]. Praha, 2005 [cit. 2016-07-16]. Dostupné z: <<http://www.artmetal-cz.com/p%C5%99edn%C3%A1%C5%A1ky/publikace/Jak%20projektovat%20VO-2005.pdf>>
- [62] TESAŘ, Jiří. Nevíte si rady s venkovním osvětlením obce?: Právní postavení VO ve společnosti. *Výrobní program veřejného osvětlení a mobiliáře: ARTMETAL ČECHY* [online]. Jablonec nad Nisou, 2008 [cit. 2016-07-14]. Dostupné z: <<http://www.artmetal-cz.com/p%C5%99edn%C3%A1%C5%A1ky/publikace/Pane%20starosto%20v%C3%ADte%20jak%20na%20to%201-opraven%C3%A9.pdf>>
- [63] THORN LIGHTING PEOPLE. Uliční osvětlení. *THORN lighting people* [online]. Praha, 2017 [cit. 2016-09-04]. Dostupné z: <<http://www.thornlighting.cz/cs-cz/produkty/venkovni-osvetleni/ulicni-osvetleni>>

- [64] UNMZ. Podrobné vyhledávání v normách. *Úřad pro technickou normalizaci metrologii a státní zkušebnictví: ČSN online* [online]. Praha, 2017 [cit. 2016-07-15]. Dostupné z: <<https://csnonline.unmz.cz/vyhledavani.aspx>>
- [65] VARMUŽA, Jan a Petr Baxant. Odhad spotřeby elektrické energie na veřejné osvětlení. *FCC PUBLIC: SVĚTLO časopis pro světlo a osvětlování* [online]. Brno, 2012 [cit. 2017-02-27]. Dostupné z: <<http://www.odbornecasopisy.cz/svetlo/clanek/odhad-spotreby-elektricke-energie-na-verejne-osvetleni—557>>
- [66] VORÁČEK, Jiří. Generel veřejného osvětlení statutárního města Frýdek-Místek. *TS A.S. FRÝDEK-MÍSTEK*. Frýdek-Místek, 2008.
- [67] WIRZ-JUSTICE, A. and Fournier C. *Light, health and wellbeing: Implications from chronobiology for architectural design*. World Health Design. 8: p. 44-49, 2010.
- [68] WIRZ-JUSTICE, A., Cajochen, C. Cirkadiánní rytmy a deprese: možnosti chronobiologické léčby. *Čes a slov Psychiat* 2012; 108(4): 198-204.
- [69] ZAPLETALOVÁ, Věra. Elektrická energie. *První jazyková základní škola v Praze 4* [online]. Praha, 2015 [cit. 2017-03-18]. Dostupné z: <http://www.horackova.cz/stranka-tridy-9-a/item/download/272_7a45392a7894d5312a61157f8e339d3e>
- [70] ŽÁK, Petr. LED a OLED – budoucnost světelné techniky: Rozdělení světelných zdrojů pro všeobecné osvětlování. *SEVEn* [online]. Praha, 2014 [cit. 2017-03-16]. Dostupné z: <http://www.svn.cz/assets/files/seminare_a_konference/2014/seminar-vnitni-osvetleni/zak-led-a-oled.pdf>

SEZNAM ZKRATEK

cd	kandela, jednotka svítivosti
CIE	Mezinárodní komise pro osvětlení
CO ₂	oxid uhličitý
CRI	color rendering index (index podání barev)
ČNR	Česká národní rada
ČR	Česká republika
ČSN	česká technická norma
F-M	Frýdek-Místek
CHKO	chráněná krajinná oblast
kWh	kilowatthodina, jednotka energie
lm	lumen, jednotka světelného toku
lx	lux, jednotka intenzity osvětlení
m	metr, základní jednotka délky
PMMA	polymethylmethakrylát
R _a	index podání barev
RM	radiomodem
RoHS	zkratka ze Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2011/65/EU o omezování používání některých nebezpečných látek
ULR	celkový světelný tok vyzařovaný do horního poloprostoru
UV	záření – ultrafialové záření
VO	veřejné osvětlení
VŠB – TUO	Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava
W	watt, jednotka výkonu
ŽP	životní prostředí

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1: Světelné zdroje pro všeobecné osvětlení [70]	3
Obrázek č. 2: Kompaktní zářivka a příklad jejího spektra [51]	4
Obrázek č. 3: Lineární zářivka T8 a příklad jejího spektra [57]	5
Obrázek č. 4: Halogenidová výbojka a příklad jejího spektra [57]	5
Obrázek č. 5: Halogenidová výbojka a příklad jejího spektra [51]	6
Obrázek č. 6: Nízkotlaká sodíková výbojka a příklad jejího spektra [51]	6
Obrázek č. 7: Vysokotlaká rtuťová výbojka a příklad jejího spektra [57]	7
Obrázek č. 8: Indukční výbojka [51]	7
Obrázek č. 9: Světelná dioda a příklad možností záření světelných diod [57]	8
Obrázek č. 10: Světelné zdroje pro všeobecné osvětlení [70]	10
Obrázek č. 11: Svítidlo ve tvaru koule [51]	13
Obrázek č. 12: Svítidlo „koule“ s refraktorem [51]	13
Obrázek č. 13: Svítidlo „koule“ s refraktorem a s clonou [51]	14
Obrázek č. 14: Jiskra LED svítidlo [20]	15
Obrázek č. 15: Pohled z úbočí Ondřejníku směr F-M [Šigut, 2016]	16
Obrázek č. 16: Pohled z Lysé hory směr F-M [Šigut, 2014]	16
Obrázek č. 17: Příklady křivek svítivosti [7]	18
Obrázek č. 18: Základní optické prvky regulující světelný tok [57]	19
Obrázek č. 19: Ampera svítidlo [50]	20
Obrázek č. 20: PIANO LED svítidlo [7]	21
Obrázek č. 21: TECEO 1 svítidlo a křivka jeho svítivosti [9]	21
Obrázek č. 22: VOLTANA svítidlo [8]	22
Obrázek č. 23: JISKRA LED Alfa svítidlo a křivka jeho svítivosti [20]	23
Obrázek č. 24: DWS 135 LED svítidlo a křivka jeho svítivosti [29]	23
Obrázek č. 25: PURO 770 LED svítidlo a křivka jeho svítivosti [28]	24
Obrázek č. 26: Luma Micro svítidlo [44]	25
Obrázek č. 27: UniStreet svítidlo a křivka jeho svítivosti [45]	25
Obrázek č. 28: CIVITEQ svítidlo a křivka jeho svítivosti [63]	26
Obrázek č. 29: R2L2 svítidlo a křivka jeho svítivosti [63]	27
Obrázek č. 30: Zrakový orgán [57]	37
Obrázek č. 31: Hustota a umístění fotoreceptorů na sítnici [57]	37
Obrázek č. 32: Barevná teplota [31]	38

Obrázek č. 33: Kruithofův diagram [16]	39
Obrázek č. 34: Hormon melatonin [32]	40
Obrázek č. 35: Cyrkadiánní rytmus [32]	41
Obrázek č. 36: Mapa území města Frýdek-Místek [14]	44
Obrázek č. 37: Hvězdárna a planetárium Johanna Palisy [37]	47
Obrázek č. 38: Environmentální zóny F-M [14]	48
Obrázek č. 39: Vzdálenost hvězdárny Johanna Palisy a F-M [14]	49
Obrázek č. 40: Vzdálenost zvolených CHKO k městu F-M [14]	50
Obrázek č. 41: Mapa chráněných oblastí a národních parků [6]	51
Obrázek č. 42: Přímá a odražená složka světelného toku [57]	64
Obrázek č. 43: Mapa CHKO Beskydy [3]	16
Obrázek č. 44: Nejvlivnější zdroje emisí CO ₂ [15]	17

SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1: Klady a zápory světelných diod v bílé barvě [51]	8
Tabulka č. 2: Doporučené hodnoty URL [55]	17
Tabulka č. 3: Základní světelně technické požadavky na osvětlení cyklistických stezek [61]	33
Tabulka č. 4: Max. povolený podíl světelného toku svítidel vyzařovaného do horního poloprostoru [34]	45
Tabulka č. 5: Minimální vzdálenosti od referenčního bodu k hranici zóny [34].....	46
Tabulka č. 6: Typické oblasti existujících environmentálních zón [55].....	47
Tabulka č. 7: Příkon a počet zdrojů původních svítidel	51
Tabulka č. 8: Příkon a počet zdrojů nových svítidel.....	51
Tabulka č. 9: Měsíční průběh svícení cyklostezky za rok 2016	52
Tabulka č. 10: Měsíční průběh svícení cyklostezky za první čtvrtletí roku 2017	52
Tabulka č. 11: Měsíční spotřeba el. energie původních svítidel za rok 2016.....	53
Tabulka č. 12: Spotřeba el. energie nových svítidel za 1. čtvrtletí 2017	53
Tabulka č. 13: Vybíraná svítidla.....	56
Tabulka č. 14: Vybrané svítidlo.....	56
Tabulka č. 15: Udržovaná osvětlenost a rovnoměrnost osvětlení mezi stožáry č. 18 - 19 ..	58
Tabulka č. 16: Udržovaná osvětlenost a rovnoměrnost osvětlení mezi stožáry č. 19 - 110	58
Tabulka č. 17: Naměřené hodnoty od stožáru č. 18 ke stožáru č. 19	60
Tabulka č. 18: Naměřené hodnoty od stožáru č. 19 ke stožáru č. 110	60
Tabulka č. 19: Předpokládaná měsíční spotřeba el. energie nových svítidel	65
Tabulka č. 20: Spotřeba el. energie původních svítidel za 1. čtvrtletí 2017	65
Tabulka č. 21: Předpokládaná měsíční spotřeba el. energie svítidel Voltana.....	66
Tabulka č. 21: Přepočet na emise CO ₂	67
Tabulka č. 23: Skupiny světelných situací [10].....	10
Tabulka č. 24: Řada tříd osvětlení M [56]	11
Tabulka č. 25: Třídy osvětlení C [56]	11
Tabulka č. 26: Třídy osvětlení S [56]	12
Tabulka č. 27: Celkové požadavky na luxmetry a na časoměry pro odlišnou přesnost měření [41].....	12
Tabulka č. 28: Naměřené hodnoty původních svítidel (mezi stožáry č. 18 až č. 19)	13
Tabulka č. 29: Naměřené hodnoty původních svítidel (mezi stožáry č. 19 až č. 110)	13
Tabulka č. 30: Naměřené hodnoty nových svítidel (mezi stožáry č. 18 až č. 19)	14

Tabulka č. 31: Naměřené hodnoty nových svítidel (mezi stožáry č. 19 až č. 110)	14
Tabulka č. 32: Porovnání osvětlenosti a rovnoměrnosti osvětlení původních svítidel (mezi stožáry č. 18 a č. 19)	15
Tabulka č. 33: Porovnání osvětlenosti a rovnoměrnosti osvětlení původních svítidel (mezi stožáry č. 19 a č. 110)	15
Tabulka č. 34: Porovnání osvětlenosti a rovnoměrnosti osvětlení nových svítidel (mezi stožáry č. 18 a č. 19)	15
Tabulka č. 35: Porovnání osvětlenosti a rovnoměrnosti osvětlení nových svítidel (mezi stožáry č. 19 a č. 110)	15

SEZNAM GRAFŮ

Graf č. 1: Spotřeba energie v kWh	53
Graf č. 2: Naměřené hodnoty osvětlenosti mezi stožáry č. 18 a č. 19	57
Graf č. 3: Naměřené hodnoty osvětlenosti mezi stožáry č. 19 a č. 110	58
Graf č. 4: Naměřené hodnoty osvětlenosti mezi stožáry č. 18 a č. 19	59
Graf č. 5: Naměřené hodnoty osvětlenosti mezi stožáry č. 19 a č. 110	60
Graf č. 6: Naměřené osvětlenosti u původních svítidel mezi stožáry č. 18 až č. 110	61
Graf č. 7: Naměřené osvětlenosti u nových svítidel mezi stožáry č. 18 až č. 110	61
Graf č. 8: Spotřeba energie v kWh za první čtvrtletí	66
Graf č. 9: Spotřeba energie v kWh	67

Bc. Jana Wlosoková: Minimalizace emisí světelného toku vyzařovaného do horního poloprostoru využitím moderních svítidel na ulici Hálkova, F-M

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č. 1: Autorské souhlasy

Příloha č. 2: Tabulky

Příloha č. 3: Obrázky

Příloha č. 4: Fotodokumentace

Příloha č. 5: Národní normy D-R

Příloha č. 1: Autorský souhlas

EnviWeb

Od: "Ing. Radek Janousek" <radek.janousek@enviweb.cz>
Komu: "Jana Wlosokova" <j.wlosokova@centrum.cz>
Předmět: Re: Autorská práva
Datum: 20. 04. 2017 12:07
Velikost: 16,7 kB

Dobrý den,

"Souhlasím s publikováním níže uvedených informací ve Vaší diplomové práci."

Stačí takto?

S úctou Radek Janousek
za EnviWeb s.r.o.

Brezova 6

637 00 Brno

IC: 263 145 09

Mobil: +420 777 17 66 75

e-mail: Radek.Janousek@enviweb.cz

www.EnviWeb.cz

www.EnviMarket.cz

www.ZmapujTo.cz

www.UklidmeCesko.cz

Dne 20. dubna 2017 11:57 Jana Wlosokova <j.wlosokova@centrum.cz> napsal(a):

Dobrý den, pane Janoušku,

prosím Vás o udělení souhlasu se zveřejněním níže uvedených informací ve své diplomové práci.

Samozřejmě EnviWeb uvedu jako zdroj.

LED diody mají menší spotřebu elektrické energie, odolávají více klimatickému působení a mají mnohem delší životnost a účinnost. To znamená, že redukuje nejen světelné znečištění, ale také emise CO₂ [22].

V souladu se světelnými podmínkami lze osvětlení ztlumit a měnit barevnou teplotu prostřednictvím bílých a žlutých diod. Jejich údržba a provoz má díky dlouhé životnosti menší výdaje. Diody Osram po skončení své životnosti neobsahují rtuť ani olovo, tudíž se mohou bez potíží odstranit [22].

Ve veřejném osvětlení se LED diody čím dál více používají. Jejich provoz vyžaduje stejnosměrné napětí pod 10 V. Nezbytnou energii lze využívat ze solárních článků, aniž by se použil měnič střídavého napětí 230 V. Jedná se o jednoduché osvětlení, které by se mělo více využívat po celé Zemi [22].

Moc předem děkuji a budu se těšit na Vaši odpověď.

S přáním příjemného dne

Jana Wlosoková

Dostupné z: <http://www.enviweb.cz/clanek/obecne/66467/led-jsou-pratelske>

Bc. Jana Wlosoková: Minimalizace emisí světelného toku vyzařovaného do horního poloprostoru využitím moderních svítidel na ulici Hálkova, F-M

Philips

Od: "Kopelentova, Martina" <martina.kopelentova@philips.com>
Komu: "Jana Wlosokova" <j.wlosokova@centrum.cz>
Předmět: Re: Žádost o použití informací
Datum: 21. 04. 2017 10:15
Velikost: 1219 kB

Dobrý den paní Wlosoková,

jménem společnosti Philips Lighting Czech Republic s.r.o. Vám zasílám souhlas s použitím dat viz příloha.

S pozdravem,

Martina Kopelentová

-----Original Message-----

From: Jana Wlosokova [mailto:j.wlosokova@centrum.cz]
Sent: 18. dubna 2017 13:19
To: Kopelentova, Martina <martina.kopelentova@philips.com>
Subject: Žádost o použití informací
Importance: High

Dobrý den,
chci Vás požádat o povolení zveřejnění Vašich informací.
V příloze posílám přesný text i s fotografiemi. Můžete to považovat za kladnou reklamu.

Prosím napsat povolení k textu, který je v příloze...ať ho mohu přidat k diplomové práci.

Děkuji za rychlé vyřízení.

Bc. Jana Wlosoková

Dostupné z: <http://www.lighting.philips.com/main/prof/outdoor-luminaires/road-and-urban-lighting/road-and-urban-luminaires/luma/luma-micro>

Dostupné z: <http://www.lighting.philips.com/main/prof/outdoor-luminaires/road-and-urban-lighting/road-and-urban-luminaires/unistreet>

Příloha č. 2: Tabulky

Tabulka č. 23: Skupiny světelných situací [10]

Charakteristická rychlost hlavního uživatele km/h	Druh uživatelů v důležité oblasti			Skupiny světelných situací
	Hlavní uživatel	Další povolený uživatel	Nepovolený uživatel	
> 60	Motorová doprava		Velmi pomalá vozidla Cyklisté chodci	A1
		Velmi pomalá vozidla	Cyklisté Chodci	A2
		Velmi pomalá vozidla Cyklisté Chodci		A3
> 30 a ≤ 60	Motorová doprava Velmi pomalá vozidla	Cyklisté Chodci		B1
	Motorová doprava Velmi pomalá vozidla Cyklisté	Chodci		B2
	Cyklisté	Chodci	Motorová doprava Velmi pomalá vozidla	C1
> 5 a ≤ 30	Motorová doprava Chodci		Velmi pomalá vozidla Cyklisté	D1
		Velmi pomalá vozidla Cyklisté		D2
	Motorová doprava Cyklisté	Velmi pomalá vozidla Chodci		D3
	Motorová doprava Velmi pomalá vozidla			D4
	Cyklisté Chodci			
Rychlost chůze	Chodci		Motorová doprava Velmi pomalá vozidla	E1
		Motorová doprava Velmi pomalá vozidla Cyklisté		E2

Tabulka č. 24: Řada tříd osvětlení M [56]

Třída	Jas povrchu vozovky pro případ suchého povrchu			Omezující oslnění	Osvětlení okolí
	\bar{L} v cd/m^2 (nejmenší udržovaná hodnota)	U_0 (nejmenší hodnota)	U_1 (nejmenší hodnota)	TI v % ^a (největší hodnota)	SR v % ^b (nejmenší hodnota)
M1	2,0	0,4	0,7	10	0,5
M2	1,5	0,4	0,7	10	0,5
M3a	1,0	0,4	0,7	15	0,5
M3b	1,0	0,4	0,6	15	0,5
M3c	1,0	0,4	0,5	15	0,5
M4a	0,75	0,4	0,6	15	0,5
M4b	0,75	0,4	0,5	15	0,5
M5	0,5	0,35	0,4	15	0,5
M6	0,3	0,35	0,4	15	žádný požadavek

^a Zvýšení prahového přírůstku o 5 procentních bodů lze připustit v případech, kde jsou použity světelné zdroje s nízkým jasnem.

^b Lze jedině tam, kde nejsou žádné dopravní oblasti přiléhající k vozovce s vlastními požadavky

Tabulka č. 25: Třídy osvětlení C [56]

Třída	Horizontální osvětlenost	
	$\bar{E}_{v lx}$ (nejmenší udržovaná hodnota)	U_0 (nejmenší hodnota)
C0	50	0,4
C1	30	0,4
C2	20	0,4
C3	15	0,4
C4	10	0,4
C5	7,5	0,4

Tabulka č. 26: Třídy osvětlení S [56]

Třída	Horizontální osvětlenost	
	$\bar{E}_{v lx}$ (nejmenší udržovaná hodnota)	U_0 (nejmenší hodnota)
S1	15	5
S2	10	3
S3	7,5	1,5
S4	5	1
S5	3	0,6
S6	2	0,4
S7	velikost neurčena	velikost neurčena
^a Aby bylo dosaženo rovnoměrnosti, nesmí skutečná průměrná udržovaná hodnota osvětlenosti překročit 1,5 násobek minimální hodnoty \bar{E} platné pro danou třídu.		

Tabulka č. 27: Celkové požadavky na luxmetry a na časoměry pro odlišnou přesnost měření [41]

Přesnost měření		Přípustná celková chyba		Odhad rozšířené nejistoty výsledků měření (%)	Nejvyšší doba platnosti kalibrace (roky)
		luxmetru (%)	jasoměru (%)		
Měření	přesná	± 5	$\pm 7,5$	$U \leq 8$	2
	provozní	± 10		$8 < U \leq 14$	3
	orientační	± 15		$14 < U \leq 20$	5

Bc. Jana Wlosoková: Minimalizace emisí světelného toku vyzařovaného do horního poloprostoru využitím moderních svítidel na ulici Hálkova, F-M

Tabulka č. 28: Naměřené hodnoty původních svítidel (mezi stožáry č. 18 až č. 19)

(lx)	cyklostezka		zeleň	
vzdálenost od stožáru	0,5 m	1,5 m	2,5 m	3,5 m
stožár č. 18	5,1	4,4	3,1	2,1
	4,4	3,9	3,0	2,2
	2,5	2,3	2,0	1,7
	1,6	1,4	1,3	1,1
	0,8	0,8	0,7	0,7
	0,5	0,5	0,5	0,4
	0,5	0,5	0,5	0,5
	0,7	0,7	0,8	0,7
	1,4	1,3	1,0	1,0
	2,8	2,5	2,2	1,7
stožár č. 19	4,3	3,8	2,9	2,1

Tabulka č. 29: Naměřené hodnoty původních svítidel (mezi stožáry č. 19 až č. 110)

(lx)	cyklostezka		zeleň	
vzdálenost od stožáru	0,5 m	1,5 m	2,5 m	3,5 m
stožár č. 19	4,3	3,8	2,9	2,1
	3,3	2,9	2,2	1,6
	2,0	1,8	1,3	1,0
	1,5	1,4	1,1	0,9
	0,9	0,8	0,6	0,6
	0,5	0,5	0,4	0,4
	0,5	0,5	0,4	0,4
	0,6	0,6	0,5	0,4
	1,0	1,0	0,8	0,6
	2,4	2,1	1,5	0,9
stožár č. 110	4,1	3,7	2,9	1,9

Bc. Jana Wlosoková: Minimalizace emisí světelného toku vyzařovaného do horního poloprostoru využitím moderních svítidel na ulici Hálkova, F-M

Tabulka č. 30: Naměřené hodnoty nových svítidel (mezi stožáry č. 18 až č. 19)

(lx)	cyklostezka		zeleň	
vzdálenost od stožáru	0,5 m	1,5 m	2,5 m	3,5 m
stožár č. 18	43,1	42,3	23,7	12,1
	38,8	31,7	20,1	10,7
	29,9	28,2	15,7	8,5
	20,5	12,3	7,6	3,7
	6,3	6,9	5,3	2,2
	2,6	3,3	2,7	1,1
	5,9	6,4	4,3	2,5
	17,3	12,8	10,6	4,3
	25,9	25,4	15,8	9,2
	34,6	33,4	21,2	11,1
stožár č. 19	41,6	42,8	23	13,2

Tabulka č. 31: Naměřené hodnoty nových svítidel (mezi stožáry č. 19 až č. 110)

(lx)	cyklostezka		zeleň	
vzdálenost od stožáru	0,5 m	1,5 m	2,5 m	3,5 m
stožár č. 19	41,6	42,8	23	13,2
	36,9	33,5	21,5	11,5
	28	27,8	16,1	9,7
	21	11,4	8,2	4,8
	6,9	7,1	5,8	2,6
	3,2	3,5	3,3	1,3
	4,6	5,8	4,4	2
	19,8	11,9	10,8	4,1
	27,9	27,7	22,8	11,8
	35,8	34,7	27,2	13,2
stožár č. 110	42,7	43,5	29,1	15

Bc. Jana Wlosoková: Minimalizace emisí světelného toku vyzařovaného do horního poloprostoru využitím moderních svítidel na ulici Hálkova, F-M

Tabulka č. 32: Porovnání osvětlenosti a rovnoměrnosti osvětlení původních svítidel (mezi stožáry č. 18 a č. 19)

veličina	udržované hodnoty	hodnoty s nejistotou měření 10 %	Požadavek dle ČSN EN 12464-1		min	max
udržovaná osvětlenost \bar{E}_m (lx)	1,70	1,53 – 1,87	3		1,528	1,868
rovnoměrnost osvětlení U_0 (-)	0,24	0,21 – 0,26	0,6		0,212	0,259

Tabulka č. 33: Porovnání osvětlenosti a rovnoměrnosti osvětlení původních svítidel (mezi stožáry č. 19 a č. 110)

veličina	udržované hodnoty	hodnoty s nejistotou měření 10 %	Požadavek dle ČSN EN 12464-1		min	max
udržovaná osvětlenost \bar{E}_m (lx)	1,46	1,32 – 1,61	3		1,316	1,608
rovnoměrnost osvětlení U_0 (-)	0,27	0,25 – 0,30	0,6		0,246	0,301

Tabulka č. 34: Porovnání osvětlenosti a rovnoměrnosti osvětlení nových svítidel (mezi stožáry č. 18 a č. 19)

veličina	udržované hodnoty	hodnoty s nejistotou měření 10 %	Požadavek dle ČSN EN 12464-1		min	max
udržovaná osvětlenost \bar{E}_m (lx)	18,62	16,76 – 20,48	3		16,756	20,480
rovnoměrnost osvětlení U_0 (-)	0,11	0,1 – 0,12	0,6		0,101	0,123

Tabulka č. 35: Porovnání osvětlenosti a rovnoměrnosti osvětlení nových svítidel (mezi stožáry č. 19 a č. 110)

veličina	udržované hodnoty	hodnoty s nejistotou měření 10 %	Požadavek dle ČSN EN 12464-1		min	max
udržovaná osvětlenost \bar{E}_m (lx)	18,84	16,96 – 20,72	3		16,956	20,724
rovnoměrnost osvětlení U_0 (-)	0,14	0,12 – 0,15	0,6		0,122	0,1499

[illegible]

Bc. Jana Wlosoková: Minimalizace emisí světelného toku vyzařovaného do horního poloprostoru využitím moderních svítidel na ulici Hálkova, F-M

Obrázek č. 44: Nejvlivnější zdroje emisí CO₂ [15]

Emise oxidu uhličitého (CO₂) na obyvatele
Emissions of carbon dioxide (CO₂) per capita

Pramen / Source : OECD / IEA - CO₂ Emissions from Fuel Combustion (2016 Edition)

Tuny na obyvatele

Tonnes per capita

Země	1990	1995	2000	2005	2010	2012	2013	2014	Country
Svět	3,9	3,7	3,8	4,2	4,4	4,5	4,5	4,5	World
EU 28	8,4	7,9	7,8	7,9	7,2	6,8	6,6	6,2	EU 28
v tom:									incl.:
Belgie	10,7	11,0	11,1	10,2	9,7	8,3	8,4	7,8	Belgium
Bulharsko	8,6	6,3	5,2	6,0	6,0	6,1	5,4	5,8	Bulgaria
Česká republika	14,5	11,9	11,8	11,6	10,6	10,1	9,6	9,2	Czech Republic
Dánsko	9,9	11,2	9,5	8,9	8,5	6,6	6,9	6,1	Denmark
Estonsko	22,7	11,0	10,4	12,4	14,0	12,4	14,3	13,3	Estonia
Finsko	10,8	10,9	10,5	10,4	11,5	9,0	9,1	8,3	Finland
Francie	5,9	5,8	6,0	5,9	5,2	4,8	4,8	4,3	France
Chorvatsko	4,3	3,2	3,8	4,5	4,1	3,8	3,7	3,6	Croatia
Irsko	8,6	9,1	10,7	10,6	8,6	7,8	7,5	7,3	Ireland
Itálie	6,9	7,1	7,4	7,8	6,6	6,1	5,6	5,3	Italy
Kypr	6,8	7,8	9,1	9,6	8,9	7,5	6,5	6,7	Cyprus
Litva	8,7	3,7	2,9	3,7	3,9	3,8	3,6	3,5	Lithuania
Lotyšsko	7,0	3,6	2,9	3,4	3,9	3,4	3,4	3,4	Latvia
Lucembursko	28,1	20,1	18,4	24,6	21,0	19,4	17,9	16,6	Luxembourg
Maďarsko	6,3	5,4	5,2	5,4	4,8	4,3	4,1	4,1	Hungary
Malta	6,5	6,4	5,6	6,7	6,2	6,4	5,6	5,5	Malta
Německo	11,8	10,5	10,0	9,7	9,5	9,3	9,5	8,9	Germany
Nizozemsko	9,7	10,6	10,1	10,2	10,2	9,3	9,3	8,8	Netherlands
Polsko	9,1	8,7	7,6	7,8	8,0	7,7	7,6	7,3	Poland
Portugalsko	3,8	4,7	5,6	5,8	4,5	4,3	4,2	4,1	Portugal
Rakousko	7,3	7,5	7,7	9,1	8,2	7,6	7,6	7,1	Austria
Rumunsko	7,3	5,2	3,8	4,3	3,7	3,9	3,5	3,4	Romania
Řecko	6,8	7,2	8,1	8,7	7,5	7,0	6,3	6,0	Greece
Slovensko	10,3	7,7	6,8	6,9	6,4	5,8	5,9	5,4	Slovakia
Slovinsko	6,8	7,1	7,1	7,7	7,5	7,2	6,9	6,2	Slovenia
Španělsko	5,1	5,7	6,9	7,6	5,6	5,6	5,0	5,0	Spain
Švédsko	6,1	6,4	5,9	5,4	4,9	4,1	3,9	3,9	Sweden
Velká Británie	9,6	8,9	8,9	8,8	7,6	7,3	7,0	6,3	United Kingdom
Ostatní země									Other countries
Austrálie	15,1	15,8	17,5	18,3	17,6	16,9	16,5	15,8	Australia
Čína ¹⁾	1,8	2,4	2,5	4,1	5,8	6,4	6,6	6,7	China ¹⁾
Island	7,4	7,4	7,7	7,5	6,1	5,8	6,3	6,3	Iceland
Japonsko	8,4	8,8	9,0	9,2	8,7	9,5	9,7	9,4	Japan
Jižní Afrika	6,9	6,6	6,4	7,9	8,0	7,8	8,0	8,1	South Africa
Kanada	15,2	15,3	16,8	16,6	15,5	15,5	15,6	15,6	Canada
Korejská republika	5,4	7,9	9,2	9,5	11,1	11,5	11,4	11,3	Korea (the Republic of)
Kuvajt	13,5	19,8	24,0	28,6	25,2	25,2	23,4	22,9	Kuwait
Norsko	6,5	7,2	7,1	7,5	7,7	7,1	6,9	6,9	Norway
Saúdská Arábie	9,2	10,2	11,0	12,0	14,9	15,7	15,6	16,4	Saudi Arabia
Spojené arabské emiráty	28,6	29,6	26,2	24,8	18,2	19,0	19,2	19,3	United Arab Emirates
Spojené státy	19,2	19,0	20,0	19,3	17,3	16,0	16,1	16,2	United States
Švýcarsko	6,0	5,8	5,8	5,9	5,5	5,1	5,1	4,6	Switzerland
Turecko	2,3	2,5	3,1	3,2	3,6	4,0	3,7	4,0	Turkey
Ukrajina	13,3	7,7	6,0	6,2	5,8	6,0	5,8	5,2	Ukraine

¹⁾ Včetně Hongkongu

¹⁾ Including Hong Kong

Příloha č. 4: Fotodokumentace



Původní svítidlo



Nová svítidlo

Bc. Jana Wlosoková: Minimalizace emisí světelného toku vyzařovaného do horního poloprostoru využitím moderních svítidel na ulici Hálkova, F-M



Původní svítidla



Nová svítidla

Bc. Jana Wlosoková: Minimalizace emisí světelného toku vyzařovaného do horního poloprostoru využitím moderních svítidel na ulici Hálkova, F-M



Původní svítidlo



Nové svítidlo

Bc. Jana Wlosoková: Minimalizace emisí světelného toku vyzařovaného do horního poloprostoru využitím moderních svítidel na ulici Hálkova, F-M



Původní svítidla



Nová svítidla

Bc. Jana Wlosoková: Minimalizace emisí světelného toku vyzařovaného do horního poloprostoru využitím moderních svítidel na ulici Hálkova, F-M



Původní svítidla



Nová svítidla



Jedno původní svítidlo s novými svítidly

Bc. Jana Wlosoková: Minimalizace emisí světelného toku vyzařovaného do horního poloprostoru využitím moderních svítidel na ulici Hálkova, F-M



Původní svítidla



Nová svítidla

Příloha č. 5: Národní normy

- **ČSN EN 12665** Světlo a osvětlení – Základní termíny a kritéria pro stanovení požadavků na osvětlení,
- **ČSN EN 13032-1** Světlo a osvětlení – Měření a uvádění fotometrických údajů světelných zdrojů a svítidel – Část 1: Měření a formát datových údajů,
- **ČSN EN 13032-2** Světlo a osvětlení – Měření a uvádění fotometrických údajů světelných zdrojů a svítidel – Část 2: Způsob uvádění údajů pro vnitřní a venkovní prostory,
- **ČSN EN 13032-3** Světlo a osvětlení – Měření a uvádění fotometrických údajů světelných zdrojů a svítidel – Část 3: Způsob uvádění údajů pro nouzové osvětlení pracovních prostorů,
- **ČSN EN 1837** Bezpečnost strojních zařízení – Integrované osvětlení strojů,
- **ČSN EN 1838** Světlo a osvětlení – Nouzové osvětlení,
- **ČSN EN 206** Beton – Specifikace, vlastnosti, výroba a shoda,
- **ČSN 33 0360** Místa připojení ochranných vodičů na elektrických předmětech
- **ČSN 33 1500** Revize elektrických zařízení,
- **ČSN 33 2000-1** Elektrické instalace nízkého napětí – Část 1: Základní hlediska, stanovení základních charakteristik, definice,
- **ČSN 33 2000-2-21** Elektrotechnické předpisy - Elektrická zařízení – Část 2: Definice – Kapitola 21: Pokyn k používání všeobecných termínů
- **ČSN 33 2000-4-41** Elektrické instalace nízkého napětí – Část 4: Ochranná opatření pro zajištění bezpečnosti – Kapitola 41: Ochrana před úrazem elektrickým proudem,
- **ČSN 33 2000-4-42** Elektrické instalace nízkého napětí – Část 4: Bezpečnost – Kapitola 42: Ochrana před účinky tepla,
- **ČSN 33 2000-4-43** Elektrické instalace nízkého napětí – Část 4: Bezpečnost – Kapitola 43: Ochrana před nadproudy,

- **ČSN 33 2000-4-442** Elektrické instalace nízkého napětí – Část 4: Bezpečnost – Kapitola 442: Ochrana instalací nízkého napětí proti dočasným přepětím v důsledku zemních poruch v soustavách vysokého napětí,
- **ČSN 33 2000-4-443** Elektrické instalace budov – Část 4: Bezpečnost – Kapitola 44: Ochrana před rušivým napětím a elektromagnetickým rušením – Oddíl 443: Ochrana proti atmosférickým nebo spínacím přepětím,
- **ČSN 33 2000-4-444** Elektrické instalace nízkého napětí – Část 4: Bezpečnost – Kapitola 444: Ochrana před napětiovým elektromagnetickým rušením,
- **ČSN 33 2000-4-45** Elektrotechnické předpisy - Elektrická zařízení – Část 4: Bezpečnost – Kapitola 45: Ochrana před podpětím,
- **ČSN 33 2000-4-46** Elektrotechnické předpisy - Elektrická zařízení – Část 4: Bezpečnost – Kapitola 46: Odpojování a spínání,
- **ČSN 33 2000-4-473** Elektrotechnické předpisy - Elektrická zařízení – Část 4: Bezpečnost – Kapitola 47: Použití ochranných opatření pro zajištění bezpečnosti – Oddíl 473: Opatření k ochraně proti nadproudům,
- **ČSN 33 2000-4-482** Elektrotechnické předpisy - Elektrická zařízení – Část 4: Bezpečnost – Kapitola 48: Výběr ochranných opatření podle vnějších vlivů – Oddíl 482: Ochrana proti požáru v prostorech se zvláštním rizikem nebo nebezpečím,
- **ČSN 33 2000-5-51** Elektrické instalace nízkého napětí – Část 5: Výběr a stavba elektrických zařízení – Kapitola 51: Všeobecné předpisy,
- **ČSN 33 2000-5-52** Elektrické instalace nízkého napětí – Část 5: Výběr a stavba elektrických zařízení – Kapitola 52: Elektrická vedení,
- **ČSN 33 2000-5-53** Elektrické instalace nízkého napětí – Část 5: Výběr a stavba elektrických zařízení – Kapitola 53: Spínací a řídicí přístroje,
- **ČSN 33 2000-5-534** Elektrické instalace nízkého napětí – Část 5: Výběr a stavba elektrických zařízení – Kapitola 53: Odpojování, spínání a řazení – Oddíl 534: Přepětiová ochranná zařízení,

- **ČSN 33 2000-5-537** Elektrotechnické předpisy - Elektrická zařízení – Část 5: Výběr a stavba elektrických zařízení – Kapitola 53: Spínací a řídicí přístroje – Oddíl 537: Přístroje pro odpojování a spínání,
- **ČSN 33 2000-5-54** Elektrické instalace nízkého napětí – Část 5: Výběr a stavba elektrických zařízení – Kapitola 54: Uzemnění a ochranné vodiče,
- **ČSN 33 2000-5-551** Elektrické instalace nízkého napětí – Část 5: Výběr a stavba elektrických zařízení – Kapitola 551: Ostatní zařízení – Článek 551: Nízkonapěťová zdrojová zařízení,
- **ČSN 33 2000-5-557** Elektrické instalace nízkého napětí – Část 5: Výběr a stavba elektrických zařízení – Kapitola 557: Pomocné obvody,
- **ČSN 33 2000-5-559** Elektrické instalace nízkého napětí – Část 5: Výběr a stavba elektrických zařízení – Kapitola 559: Svítidla a světelná instalace,
- **ČSN 33 2000-5-56** Elektrické instalace nízkého napětí – Část 5: Výběr a stavba elektrických zařízení – Kapitola 56: Zařízení pro bezpečnostní účely,
- **ČSN 33 2000-5-57** Elektrické instalace nízkého napětí – Část 5-57: Koordinace elektrických zařízení pro ochranu, odpojování, spínání a řízení,
- **ČSN 33 2000-6** Elektrické instalace nízkého napětí – Část 6: Revize,
- **ČSN 33 2000-7-714** Elektrické instalace nízkého napětí – Část 7: Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech – Kapitola 714: Venkovní světelné instalace,
- **ČSN 33 2000-7-715** Elektrické instalace nízkého napětí – Část 7: Zařízení jednoúčelová a ve zvláštních objektech – Kapitola 715: Světelná instalace napájená malým napětím,
- **ČSN 33 3060** Elektrotechnické předpisy – Ochrana elektrických zařízení před přepětím,
- **ČSN 33 3320** Elektrotechnické předpisy – Elektrické přípojky,
- **ČSN 35 9754** Závěry a klíče pro zajišťování hlavních domovních skříní, rozpojovacích jisticích skříní a rozvodných zařízení NN, umístěvaných v prostředí venkovním,

- **ČSN ISO 3864** Bezpečnostní barvy a bezpečnostní značky,
- **ČSN EN 40-1** Osvětlovací stožáry – Část 1: Termíny a definice,
- **ČSN EN 40-2** Osvětlovací stožáry – Část 2: Obecné požadavky a rozměry,
- **ČSN EN 40-3-1** Osvětlovací stožáry – Část 3-1: Návrh a ověření – charakteristické hodnoty zatížení,
- **ČSN EN 40-3-2** Osvětlovací stožáry – Část 3-2: Návrh a ověření – Ověření zkouškami,
- **ČSN EN 40-3-3** Osvětlovací stožáry – Část 3-3: Návrh a ověření – Ověření výpočtem,
- **ČSN EN 40-5** Osvětlovací stožáry – Část 5: Požadavky na ocelové osvětlovací stožáry,
- **ČSN EN 40-6** Osvětlovací stožáry – Část 6: Požadavky na osvětlovací stožáry z hliníkových slitin,
- **ČSN EN 40-7** Osvětlovací stožáry – Část 7: Požadavky na osvětlovací stožáry z polymerních kompozitů vyztužených vlákny,
- **ČSN EN 50341-1** Elektrická venkovní vedení s napětím nad AC 45 kW – Část 1: Všeobecné požadavky – společné specifikace,
- **ČSN EN 50341-1 ed. 2** Elektrická venkovní vedení s napětím nad AC 1 kW – Část 1: Obecné požadavky – společné specifikace,
- **ČSN EN 60529** Stupně ochrany krytem (krytí – IP kód),
- **ČSN EN 60598-2-3** Svítidla – Část 2-3: Zvláštní požadavky – Svítidla pro osvětlení pozemních komunikací,
- **ČSN EN 60662** Vysokotlaké sodíkové výbojky – Požadavky na provedení,
- **ČSN EN 61167** Halogenidové výbojky – Požadavky na provedení,
- **ČSN EN 62035** Výbojkové světelné zdroje (kromě zářivek) – Požadavky na provedení,
- **ČSN 73 6005** Prostorové uspořádání sítí technického vybavení,

Bc. Jana Wlosoková: Minimalizace emisí světelného toku vyzařovaného do horního poloprostoru využitím moderních svítidel na ulici Hálkova, F-M

- **ČSN 73 6006** Výstražné fólie k identifikaci podzemních vedení technického vybavení,
- **ČSN 73 6100** Názvosloví pozemních komunikací – Část 1: Základní názvosloví,
- **ČSN 73 6101** Projektování silnic a dálnic,
- **ČSN 73 6102** Projektování křižovatek na pozemních komunikacích,
- **ČSN 73 6110** Projektování místních komunikací,
- **ČSN 73 6201** Projektování mostních objektů,
- **ČSN 73 7507** Projektování tunelů pozemních komunikací,
- **ČSN ISO 9223** Koroze kovů a slitin – Korozní agresivita – Klasifikace, stanovení a odhad [4, 7, 30].